ISSN 0376—477X

中華農業研究

第三十五卷　　第　一　期

目　　次

大粒水稻之遺傳研究 I. 抽穗期、株高、每株穗數及一穗穎花數之遺傳……郭益全　劉　清… 001

單雜交玉米臺農三五一號之育成……萬　雄　呂宗佳　盧煌勝　何千里… 011

玉米子粒充實特性之研究……曹紹徽　王強生　劉大江… 023

以氣孔長度早期鑑定水稻花藥培養小株之倍數性……陳治官　陳駿季　黄真生… 037

甘藷新品系之生產能力及供作飼料之可行性研究……劉新裕… 045

高溫期間植物生長調節劑對愛文檬果生育之影響……歐錫坤… 057

螺旋藻*Spirulina platensis*與*S. maxima*形態、生理與生長特性之比較……劉慧瑛… 063

玉米銹病之研究……葉忠川… 081

香蕉萎縮病病原之研究（英文）……楊一郎　鄧汀欽　吳淑雅… 094

釋放赤眼卵蜂（*Trichogramma chilonis*）防治稻縱捲葉蟲及影響該蜂活動因子之研究……陳健忠　邱瑞珍… 099

小菜蛾抗藥性之研究 VII. 防治藥劑之作用特性及受抗藥性之影響（英文）……高靜華　鄭　允　林端方… 107

豌豆葉潛蠅之生態及數種豌豆害蟲之防治……王清玲　楊淑儒… 118

中華民國七十五年三月

臺灣省農業試驗所出版

中 華 農 業 研 究

第三十五卷　第 一 期

中華民國七十五年三月出版

發行人：萬　雄

總編輯：廖慶樑

編輯委員：李　良　沈再發　邱瑞珍　林益昇
林家棻　林學正　連　深　陳敏祥
黃眞生　蔡新聲　鄭　允　劉　清
劉大江　顏欽崇　羅幹成

出版者：臺灣省農業試驗所
臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號

印刷者：臺灣省政府印刷廠
臺中縣大里鄉中興路一段288號

JOURNAL OF

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER :

Director, Hsiung Wan

EDITOR IN CHIEF :

Ching-liang Liaw

EDITORS :

M. S. Chen (Cytology)
E. Y. Cheng (Entomology)
S. C. Chiu (Biological Control)
C. S. Huang (Crop Breeding)
L. Li (Crop Breeding)
S. Lian (Plant Nutrition)
C. F. Lin (Soils)
S. C. Lin (Horticulture)
Y. S. Lin (Plant Pathology)
C. Liu (Statistics)
D. J. Liu (Crop Physiology)
K. C. Lo (Entomology)
T. F. Shen (Vegetable Crop)
H. S. Tsai (Tissue Culture)
C. C. Yen (Agricultural Machinery)

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）35 (1)：1～10 (1986)

大粒水稻之遺傳研究

I.抽穗期、株高、每株穗數及一穗穎花數之遺傳[1]

郭益全　劉　清[2]

摘要：以包括親本與正反交組合之 9 × 9 全互交 F_1 材料探討大粒水稻主要性狀之遺傳。抽穗期、株高、每株穗數及一穗穎花數等 4 個重要農藝性狀親本間遺傳變異均極大，此變異係由累加性與顯性效應所引起。除抽穗期外，餘 3 性狀之累加性效應均遠大於顯性效應。4 個重要農藝性狀之狹義遺傳率均頗高，指出 4 性狀之表現型變異主由累加性效應控制。4 個重要農藝性狀均發現有細胞質效應。經由迴歸與變方分析估得 4 個性狀之顯性程度除抽穗期爲完全顯性外，餘均爲部分或不完全顯性，正負等位基因之頻度在親本間之分布不等，且顯性基因多於隱性基因數。而藉迴歸圖析及親本顯性次序之判定，抽穗期早者爲顯性，餘 3 性狀之顯性方向是爲雙方向。

水稻之粒重受稻殼內外穎大小之體積限制[20,26]，是較穩定的品種特性之一。IRRI 世界性14,128個稻種源蒐集顯示，單穀粒重之變域介於6-52 mg之間[14]，而栽培品種之單穀粒重一般則多在25 mg左右。國外研究顯示，穀粒大小（grain size）與穀粒充實速率及充實期間呈極著之正相關[9,14,15,18]，同時澱粉累績效率，產量潛能（yield potential）及積儲對供源比（sink-to-source ratio，抽穗開花時產量潛能與葉面績指數之比值）等生理性狀並皆以大粒種爲佳[14,15]。IRRI[15] 更進一步指出較大穀粒之選拔爲提高現行品種產量潛能的可能途徑之一，並估得達最高產量之合適穀粒大小爲千粒重39 g。國內數據發現[22]，臺中地區一期作水稻成熟時，莖稈所含非構造性碳水化合物（total nonstructural carbohydrates, TNC)量最高可達全株總量之20%，因而 Wei *et al.*[22] 認爲如能增大穗部容績，產量應有再大幅提高之可能。經進一步比較大及中粒稻穀粒充實期間的淨乾物質與非構造性碳水化合物之生成量，獲證兩類品種穗部主要成分之絕對轉流量以大粒品種爲佳。亦即綜合上述系列研究結果認爲經由增大穀粒體積謀求稻作增產有其理論基礎[23]。

Fujita *et al.*[9] 認爲現有可利用之大粒品種，其株高概大高，而易於抽穗後倒伏。IRRI 考慮抽穗前穗發育與營養器官光合物之分配，建議現存大粒品種須降低株高[15]。Wei *et al.*[23] 發現大粒種 Mira 單一分蘖之生產力雖高，但集團乾物質產量則較中粒種少。而穀粒趨大則或穗數趨少[17,23] 亦或穎花數減少[7,14,15,23]。大粒品種穀粒之含氮量雖較中粒品種爲佳[14]，但對抽穗前之預貯物質的依賴亦較高[7]。魏及劉[7] 則指出應選取短稈與分蘖性强之大粒種源爲育種材料。亦即現有大粒品種尚不能直接利用，而須加以改良。

基於大粒種源之利用被認爲是超高產水稻品種選育之最可能途徑之一，乃選用各農藝、產量及穀粒性狀差異頗大之 9 個水稻品種進行本項遺傳研究，本文首先探討抽穗期、株高、每株穗數及一穗穎花數之遺傳行爲，至於穀粒性狀、經濟產量、生物產量及收穫指數等性狀之遺傳，則另文陸續報告，

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1255 號。

2.本所農藝系助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

供爲日後大粒水稻育種之參考。

材料與方法

全互交親本計有越光、豐錦、臺農67號、臺中65號 、GP199、Pegonil、Khaokhaonio、Pb 及 Nakkhaongo等 9 個水稻品種。

其包括正反交之72個F_1組合及 9 個親本於1984年一期作被培植於本所萬豐試驗農場。田間規劃則採用逢機完全區集設計（RCBD），2 重複。每小區插植 5 行，每行12株，行株距 25×25cm。肥料用量 N—P_2O_5—K_2O 依次爲80—40—50kg/ha 。生育期中，調查每小區去除邊行及頭尾株後中間30株每單株之抽穗期。適期收穫前並調查此30單株之株高及穗數，其後以單株爲收穫單位，收穫各單株之整個地上部分，經日光乾燥後，先秤量各單株之生物產量，再逐株分別脫粒，調查各單株之一穗穎花數、經濟產量，並估算收穫指數。至於每株穀粒長、寬及長寬比等性狀，則是每單株稻穀去殼後逢機10個糙米之平均，百粒重則是每單株逢機200粒糙米之均値。 9 個親本抽穗期、株高、每株穗數及一穗穎花數等 4 個性狀之表現如表1.所示。

Table 1. Mean values of four agronomic traits of nine parental cultivars of rice

Parents	Heading date (day)	Plant height (cm)	Panicle number	Spikelet number
Koshihikari	79.5	95.2	16.6	90.4
Toyonishiki	88.0	94.8	13.2	101.1
Tainung No. 67	96.5	102.7	12.0	105.6
Taichung No. 65	93.5	110.6	11.8	87.0
GP 199	97.0	156.9	6.0	66.2
Pegonil	85.5	98.2	8.6	69.4
Khaokhaonio	85.0	118.2	8.1	61.7
Pb	88.0	134.5	8.0	47.2
Nakkhaongo	79.0	104.3	8.9	69.4

全互交各遺傳介值之分析與估計係按 Hayman [12,13] 氏之理論進行，廣義及狹義遺傳率則依據 Mather and Jinks [19] 之公式估計。

結　　果

供試材料抽穗期、株高、每株穗數及一穗穎花數等 4 個性狀經藉 Hayman [12] 氏全互交變方分析所作各該性狀遺傳變因的初步描述如表 2 所示 。 由表 2 發現抽穗期等 4 個性狀之 a 變因均達極顯著水準 ， 可知抽穗期等 4 個性狀在供試全互交親本間 ， 有極大之遺傳變異存在 。 且 b 變因亦皆極顯著，此表示這些性狀遺傳基因之若干基因座上，顯性因子擔任相當重要之角色。測定 F_1 與其中間親本平均偏差之 b_1 變因，4 性狀中，除抽穗期顯著外，其餘 3 性狀均不顯著，顯示有關抽穗期遺傳基因之顯性效應爲單方向，而株高、每株穗數及一穗穎花數等 3 性狀之顯性效應，則可能是雙方向。 4 個主要農藝性狀之 b_2 變因均極顯著，顯示 4 性狀之顯性效應部分係由正負效應基因在親本間之分布不均勻或不對稱所致。 b_3 變因極顯著，證實尙存有不歸諸於 b_1 及 b_2 變因之顯性效應，亦即累加性與累加性、累加性與顯性及顯性與顯性等三類非等位基因間之交感作用亦包含在此 9 × 9 之全互交組合中。 c 變因爲每一親本之平均母性效應 (maternal effect), d 變因爲未歸屬於 c 變因之正反

交差異。由表2知，4個性狀之 c 變因均極顯著，d 變因則僅每株穗數及一穗穎花數等兩性狀顯著，因知雌親之細胞質可能性影響到此4個農藝性狀之表現。

Table 2. Analysis of variance for four agronomic traits in 9×9 diallel of rice

Source of variance	D. F.	Heading date	Plant height	Panicle number	Spikelet number
Block	1	—	—	—	—
Treatment	80	**	**	**	**
a	8	**	**	**	**
b	36	**	**	**	**
b_1	1	**	ns	ns	ns
b_2	8	**	**	**	**
b_3	27	**	**	**	**
c	8	**	**	**	**
d	28	ns	ns	**	**
Error	80				
Total	161				

** : Statistically significant at 1% probability level.

ns : Non-significant

4個農藝性狀 W_r+V_r 經純質性測驗（homogeneity test）結果，皆不顯著（數據未列出），表示本試驗之資料符合Hayman[12] 氏之遺傳假說，乃進一步估計4性狀之遺傳成分(表3)及遺傳系統（表4），並繪製4性狀 W_r 依 V_r 而變之迴歸圖（圖1），以描述供試全互交親本之遺傳組成。

表3顯示抽穗期性狀之 D、H_1、H_2 及 h^2 等遺傳成分均極顯著，指出累加性（D）與顯性效應（H_1、H_2 及h^2）對稻株稻穗之抽出甚爲重要。D-H_1 爲負值，但不顯著，可知支配稻穗抽出之有關基因之顯性效應可能略大於累加性效應，但兩者之差異則並不顯著。F 成分爲極顯著之正值，顯示供試全互交親本遺傳體系中，顯性等位基因多於隱性等位基因。經藉迴歸圖解法與變方分析，估得本性狀之平均顯性程度 $(H_1/D)^{1/2}\doteqdot 1$（表4）；W_r 依 V_r 而變之迴歸直線，切 W_r 軸於原點附近（圖1），指出諸全互交親本控制稻穗抽出之有關基因呈完全顯性。而提供評估親本間目標性狀正（u）與負（v）等位基因平均頻度之 $H_2/4H_1$ 比值爲0.20（表4），遠低於正負等位基因平均頻度相等之極限值 0.25(u+v=1.0, uv=0.5×0.5=0.25)，因認定親本間有關抽穗基因之正與負等位基因平均頻度分布不等。本性狀親本間所含顯隱基因總數之比值$K_d/K_r=1.48$，遠大於1，即抽穗期性狀有關基因羣中，顯性基因數似較隱性基因數爲多。具顯性之基因羣數爲兩羣（$h^2/H_2=2.09\doteqdot 2$,，表4）。供試全互交親本抽穗期均值（Y_r）與對應 W_r+V_r 值成極顯著之正相關（表4），表示 W_r+V_r 值增加時，隱性基因數相對增加。亦即抽穗日數增加，伴隨隱性基因數之增加。印證圖1知，本全互交供試親本中，抽穗期早者爲顯性，而諸親本有關抽穗期之顯性次序爲 691782435，而親本之表現次序則爲917628435（表1）。本研究雖發現抽穗期之廣義遺傳率雖高，但因顯性效應與累加性效應相近（表3），故狹義遺傳率稍低。

水稻株高是一種與收穫指數、生育期間、氮肥反應及倒伏抵抗性有關之重要性狀。表3顯示本試

Table 3. Estimates of genetic components of variation and their standard deviations for four agronomic traits in 9×9 diallel of rice

Gentical component	Heading date	Plant height	Panicle number	Spikelet number
D	43.55** ± 3.11	431.66** ± 7.57	10.60** ± 0.23	374.54** ± 11.88
H_1	47.60** ± 6.86	76.94** ± 16.67	1.77** ± 0.51	93.30** ± 26.23
H_2	38.08** ± 5.90	55.17** ± 14.37	1.50** ± 0.44	69.01** ± 22.54
h^2	79.50** ± 3.95	1.23ns ± 9.63	1.52** ± 0.29	12.6 ns ± 15.10
F	17.74** ± 7.25	102.77** ± 17.67	2.68** ± 0.54	31.79** ± 7.72
E	0.45ns ± 0.98	3.17ns ± 2.40	0.19ns ± 0.07	4.56ns ± 3.76
$D-H_1$	− 4.04ns ± 5.83	354.42** ± 14.20	8.83** ± 0.43	281.24** ± 22.28

Table 4. Estimates of genetic systems for four agronomic traits in 9×9 diallel of rice

Estimate	Heading date	Plant height	Panicle number	Spikelet number
$(H_1/D)^{1/2}$				
By graphic	1.0535	0.4442	0.4627	0.5287
By variance	1.0454	0.4223	0.4086	0.4991
$H_2/4H_1$	0.20	0.18	0.21	0.18
K_d/K_r	1.48	1.79	1.90	1.19
h^2/H_2	2.09	0.02	1.01	0.18
Heritability (%)				
Broad-sence	98.4	98.4	95.8	97.8
Narrow-sence	63.9	91.2	87.8	89.4
r of $(W_r/V_r)/Y_r$	0.92**	− 0.12ns	0.54ns	0.64ns
Order of parental dominance	691782435[a]	891674352	618392745	789532641
Order of parental performance	917628435	587493612	123496785	321496578

*, ** : Statistically significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns : Non-significant.

a : Parent codes : 1-Koshihikari, 2-Toyonishiki, 3-Tainung No. 67, 4-Taichung No. 65, 5-GP 199, 6-Pegonil, 7-Khaokhaonio, 8-Pb, 9-Nakkhaongo.

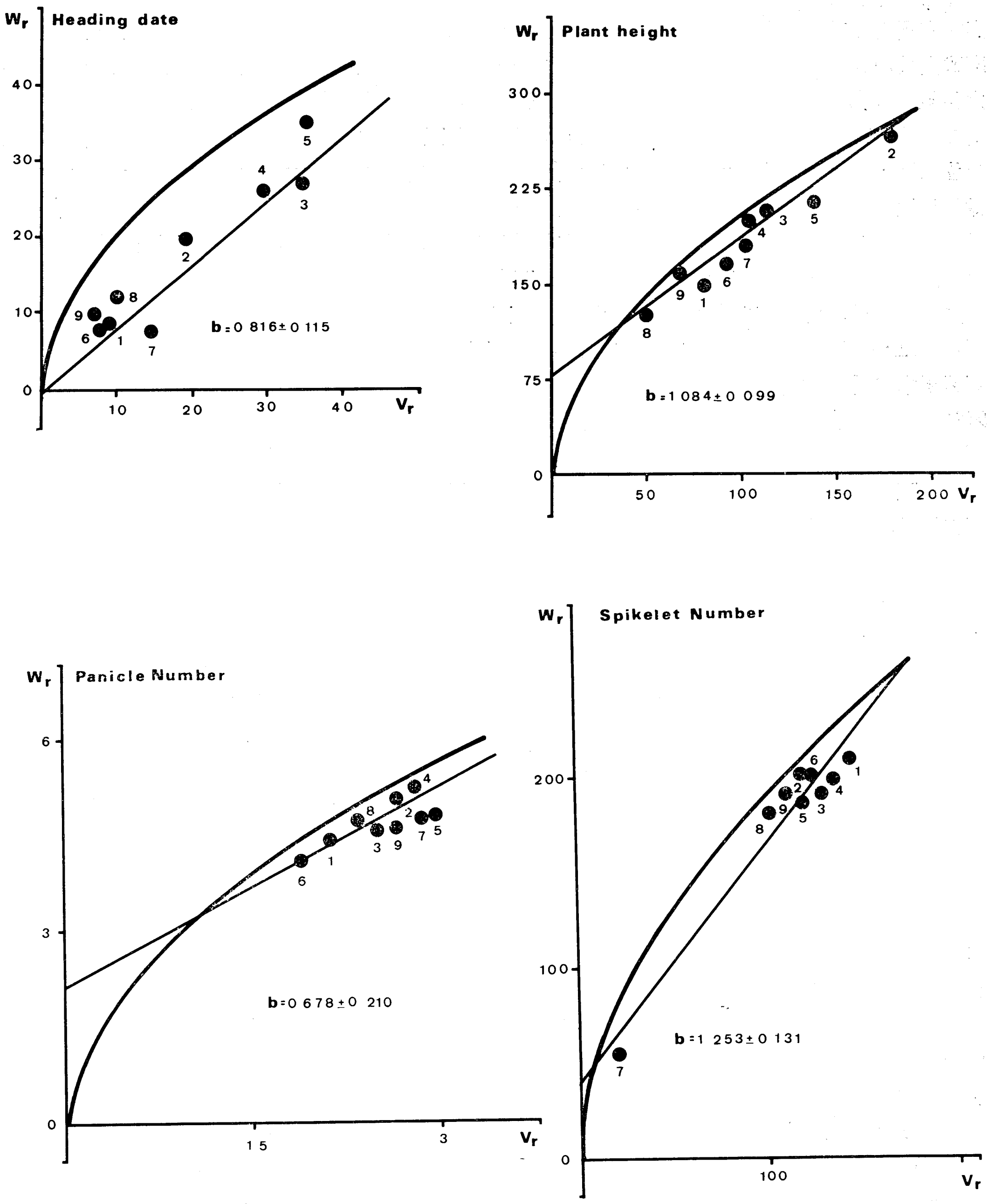

Fig. 1. W_r/V_r graphs for four agronomic traits.
Parent codes : 1-Koshihikari, 2-Toyonishiki, 3-Tainung No. 67, 4-Taichung No. 65, 5-GP 199, 6-Pegonil, 7-Khaokhaonio, 8-Pb, 9-Nakkhaongo.

驗株高性狀之累加性（D）與顯性效應（H_1 及 H_2）均極顯著，顯示累加性效應與顯性效應對水稻株高之表現至為重要。 而 $D-H_1$ 為極顯著之正值，可知，控制株高表現之有關基因效應中，累加性效應遠大於顯性效應。 H_1 成分與 H_2 成分值不等，而提供評估親本間正負等位基因平均頻度是否相等之估值 $H_2/4H_1=0.18$（表４），異於極限值 0.25，指出親本間有關株高基因之正與負等位基因平均頻度分布不等，F 成分為極顯著之正值，顯示供試全互交親本遺傳體系中，顯性等位基因多於隱性等位基因，此與親本顯隱基因總數比值 $K_d/K_r=1.79$，所蘊含株高性狀有關基因羣中，顯性基因總數較隱性基因總數多之訊息相呼應。經藉迴歸圖解及變方分析估得本性狀之平均顯性程度 $(H_1/D)^{1/2}$ 值介於零與１之間； W_r 依 V_r 而變之迴歸直線切 W_r 軸於原點上方，提示諸全互交親本控制株高表現之有關基因呈部分或不完全顯性。供試全互交親本株高性狀之親本均值（Y_r）與對應 W_r+V_r 值之相關值為負值，但不顯著，此表示諸供試全互交親本有關株高之遺傳體系中，顯性方向為兩方向（ambidirection）。 印證圖１及表１知，在本全互交親本中，中等株高對高者及低者為相對顯性，而諸親本有關株高之顯性次序為891674352，親本之表現次序則為587493612（表１）。本性狀顯性基因羣數估值 $h^2/H_2=0.02 \doteqdot 0$， 表示株高性狀似無主效基因羣存在。按當有關基因僅具些許顯性或無顯性（little or no dominance）時，此值不易檢出[21]； 而當諸顯性基因效應符號正負相異時[21]、或有互補基因作用時[13]、或 n 個基因座之效應不等及或為非單方向顯性時[4]，此值易被低估。本研究結果株高之廣義及狹義遺傳率值均高，提示本性狀之表現型變異，基因之累加性效應為主要之遺傳成分。

穗數是水稻產量構成要素之主要性狀之一。由表３知本試驗穗數性狀之累加性（D）與顯性（H_1、H_2 及 h^2）效應均極顯著，指出累加性效應與顯性效應對水稻穗數之表現相當重要。 $D—H_1$ 為正值，且極顯著地異於零，因知控制穗數表現之有關基因效應中，累加性效應遠大於顯性效應。F 成分為極顯著之正值，表示供試全互交諸親本遺傳體系中，顯性等位基因多於隱性等位基因。經藉迴歸圖析及變方分析估得本性狀之平均顯性程度 $(H_1/D)^{1/2}$ 值，介於１與零之間（表４）； W_r 依 V_r 而變之迴歸直線切 W_r 軸於原點上方（圖１）， 提示支配穗數表現之有關基因呈部分或不完全顯性。提供評估親本目標性狀正負等位基因平均頻度是否相等之估值 $H_2/4H_1=0.21$（表４），異於極限值 0.25，表示諸親本間支配穗數表現有關基因之正與負等位基因平均頻度分布不等。親本間支配穗數表現有關基因顯隱基因總數之比值 $K_d/K_r=1.90$，幾近於２，即穗數有關基因羣中，顯性基因總數幾為隱性基因總數之兩倍。供試全互交親本穗數性狀之親本均值（Y_r）與對應之 W_r+V_r 值之相關係數為正值，但不顯著，顯示本研究有關穗數遺傳體系中，顯性方向為雙方向，印證圖１及表１知穗數少者與穗數多者對穗數中等者為相對顯性，而諸親本有關穗數之顯性次序為618392745（圖１）， 而親本之表現次序為123496785（表１）。本性狀具顯性主效基因羣數估值（h^2/H_2）為1.01，表示本性狀應有一羣主效顯性基因羣。按當 n 個基因座為非單方向顯性時，此主效顯性基因羣數易低估[4]。表４數據顯示穗數之廣及狹義遺傳率均高，有利選拔效果之確保。

一穗穎花數在稻株抽穗前32-35天決定，且受氮肥及日照之影響[20]， 是水稻產量構成要素之一。表３數據顯示供試諸全互交親本一穗穎花數之累加性效應（D）與顯性效應（H_1 及 H_2）極顯著，表示累加性效應與顯性效應，對水稻一穗穎花數之表現至為重要。 $D—H_1$ 為正值，且極顯著地異於零，肯定支配水稻一穗穎花數表現之有關基因效應中，累加性效應遠大於顯性效應。F 成分為極顯著之正值，表示供試全互交諸親本遺傳體系中，支配一穗穎花數之顯性等位基因多於隱性等位基因。經藉迴歸圖析及變方分析估得本性狀之平均顯性程度 $(H_1/D)^{1/2}$值介於１與零之間（表４）；W_r 依V_r 而變之迴歸直線切 W_r 軸於原點上方（圖１）， 指出控制一穗穎花數表現之有關基因呈部分或不完全顯性。用於評估親本目標性狀正負等位基因平均頻度是否相等之 $H_2/4H_1=0.18$，低於極限值0.25，表示親本間支配一穗穎花數表現有關基因之正與負等位基因平均分布不等 ， 而支配本性狀之顯性基因總數可能略多於隱性基因總數（ $K_d/K_r=1.19$）。 參試親本之一穗穎花數之親本均值（Y_r）與

對應 W_r+V_r 值之相關值爲正值，但不顯著，表示支配一穗穎花數之遺傳體系中，顯性方向可能不爲單方向，經印證圖1及表1，推定一穗穎花數少者對多者應屬相對顯性。本性狀親本顯性次序爲789532641（圖1），表現次序則爲321496578（表1）。具顯性效應支配一穗穎花數表現之主效基因羣雖無法估出（$h^2/H_2=0.18$），但本性狀之廣及狹義遺傳率均頗高。

討　論

臺灣近年來雖因稻穀生產過剩而積極推行稻田轉作，但一個個更豐產稻品種之育成仍是稻作育種之最重要目標之一。要增加水稻之產量可經由提高產量構成要素中之任一個性狀，但不影響其他要素之表現而達成。松尾[6]認爲大粒爲最可能的高產要素，許多研究指出[9,14,15,16,18,23]大粒水稻之穀粒充實期間、穀粒充實速率、澱粉累積效率、積儲供源比、穗部主要成分絕對轉流量等生理特性均以大粒種爲優，而由於現行中粒品種成熟收穫後尚有全株總量 20% 之非構造性碳水化合物殘於留莖稈中[22]，故認爲經由增大穀粒體積謀求稻作增產有其理論基礎[23]。最近林[3]育成大粒豐產的臺中秈17號，由實際育種行爲確證增大穀粒體積提高稻作產量之可行性。基於大粒種源之利用確爲超高產水稻品種選育之最可能途徑之一，但由於大粒種源往往集團乾物質產量較少[22,23]，其或穎花數少[7,14,15,23]，或穗數少[7,23]，尚難直接利用。因此有關大粒水稻主要農藝性狀之遺傳研究，有待更進一步之研究，以期有助於大粒水稻品種之育成。

由於水稻品種對日照與溫度反應之不一，有關水稻抽穗期之遺傳殊有不同。據李[1]之歸納，近50年來有關水稻生育期之遺傳報告可綜合爲8類：①晚熟種爲顯性，F_2爲單性或雙性雜種分離。②早熟種爲顯性，F_2 呈單性或雙性雜種分離。③早熟性爲不完全顯性。F_1 介於兩親本間。F_2 或呈1早熟性：2中間性：1晚熟性；或呈數量因子控制。④同樣材料於某一季節呈完全顯性，但另一季節呈連續分佈之數量因子所控制，唯仍以早熟性爲顯性。⑤在自然日照下，强感光性爲顯性，F_2 呈單性雜種分離。⑥在自然日照下，不感光性爲顯性，F_2 呈單性雜種分離。⑦感光性與感溫性相互作用發生於其雜交之後裔中。⑧在自然日照下之抽穗期遺傳，與控制日照下之遺傳行爲結果不一致者。而本研究結果顯示，供試親本在本省自然環境下呈早熟者爲顯性，具有關基因羣數爲兩羣，遺傳率值極高。此結果與李[1]歸納之第二類、Wu[24]、曾[5]、Li and Chang[10]、Li[11]及李與李[2]等學者4×4或5×5全互交分析之結果相當一致。唯此在自然日照下之抽穗期遺傳，與控制日照下之遺傳行爲能否一致則未加探討。

同時，亦未仿李[1]將生育期分成基本營養生長期(basic vegetative phase, b. v. p.)、感光期(photoperiodic sensitive phase, p. s. p.)及感溫期(thermo-sensitive phase, t. s. p.)等三期進行較理論性之觀察，其原因乃本研究供試親本在本省兩期作自然條件下均能正常抽穗開花，故可推定供試親本對外在日照與溫度之反應概屬極弱或無，同時，本研究之結果旨在大粒豐產水稻育成之實際育種知識的提供，故未行生育期較理論性之探討。

據 Chang and Li[8]及 Jennings *et al.*[17] 對水稻株高遺傳研究之綜論知，株高之遺傳行爲實簡單中亦複雜，而源自低脚烏尖和矮脚尖之中國矮性基因，和經由誘變而得之矮性基因同爲隱性之主效基因，且此基因並不影響穗數及穎花數。有些研究發現株高屬數量遺傳[8,17]，有正反交之差異[8]，顯隱等位基因頻度相等[10,11]或不等[2,5,25]，株高高者具單方向顯性[2,5,10,11,24]，正負等位基因之相對頻度或不等[8]或相等[2,5,10,11,24]，累加性效應大於顯性效應[5,24]，遺傳率或高或低[2,5,8]。本研究之數據大致與此已發表之結果相近[2,5,8,24]。唯本研究中，不顯著之 b_1、r 及迴歸圖指出株高爲兩方向顯性，中等株高對高者及低者爲相對顯性，此與學者們[2,5,10,11,24]已發表報告之結果不同。

水稻之穗數是品種特性之一，與分蘖數有正的相關關係，而其出現與發育則受氮素之供應、日照及溫度等環境因素之影響[8]。早在1953年，Ramiah and Rao 即指出稻分蘖能力具數量性狀之本質，而 Wu[25]、Li and Chang[10]及 Li[11] 等水稻遺傳學者，利用 F_1 全互交材料分析獲知：穗

數主要受累加性基因 (additive gene) 控制，且穗數多者對穗數少者爲部分顯性，間亦有細胞質效應[5,25]。同時，不同之親本系列 (parental array) 間顯性方向及顯隱基因之比例亦有若干不同的變異存在[10,11,25]。由於水稻大粒品種有穗數趨少之現象，故本研究以穗數較多之中粒種和大粒種進行全互交，以探討此類雜交組合穗數之遺傳行爲，此結果大致與已發表之報告符合[5,10,11,25]。由於已發表報告概爲粒重相近品種間之互交分析[10,11,25]，而本研究則爲不同粒重品種之全互交分析。故綜合已發表與本研究之結果似可推定，不同粒重間雜交後裔穗數性狀之遺傳行爲與相似粒重間雜交後裔穗數性狀之遺傳行爲似無不同。

大粒水稻品種也有穎花數趨少之現象，本研究以穎花數較多之中粒種與穎花數較少之大粒種雜交，9 個親本全互交分析結果顯示，支配水稻穎花數表現之有關基因效應中，累加性效應遠大於顯性效應，顯性基因多於隱性基因，呈部分或不完全顯性，顯性方向係兩向性；惟未能偵出具主效作用之基因羣。而與學者們[10,11,25]之研究指出，一穗穎花數係由累加性基因及部分顯性基因所控制，其羣數至少有 4 羣以上，數多者對數少者爲相對顯性，唯顯性方向因組合之不同而不同之結果大體一致。亦即大中粒種雜交後裔一穗穎花數之遺傳行爲大致與中粒種間之雜交者相似。

綜合 4 個被調查性狀遺傳行爲之檢討，雖然此 4 個被調查性狀之各有關支配基因之累加性效應與顯性效應之重要性不盡相同，遺傳系統亦有若干異同，但各性狀之廣義及狹義遺傳率值均頗高，顯示早期世代之選拔同具效率。

引用文獻

1. 李成章・1972・水稻生育期遺傳研究之檢討。科學農業22 (5—6) ：302—310。
2. 李國堅 李成章・1977・水稻數量性狀遺傳之研究。1.由全互交法分析五個農藝性狀的遺傳變異。國立中興大學農藝彙報2：55—66。
3. 林再發・1984・水稻高產品種之選育特別論及臺中秈17號。臺中區農業改良場研究彙報8：29—40。
4. 湯文通・1967・全互交法。作物育種之原理與實施。臺灣大學農學院。
5. 曾美倉・1977・水稻粒重、粒型及其他數量性狀之全互交分析。臺灣大學農學院研究報告17 (2) ：78—90。
6. 臺灣省農業試驗所・1982・稻作育種有關問題研究會會議記錄（油印本）。
7. 魏夢麗 劉大江・1984・不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀比較。中華農業研究33 (4) ：363—371 。
8. Chang, T. T., and C. C. Li. 1980. Genetics and breeding. *In* Rice production and utilization (B. S. Luh ed.). pp 87-146. AVI, Westport, Conn. USA.
9. Fujita, K., V. P. Coronel, and S. Yoshida. 1984. Grian-filling characteristics of rice varieties(*Oryza sativa* L.) differing in grain size under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutr. 30(3) : 445-454.
10. Li, C. C., and T. T. Chang. 1970. Diallel analysis of agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.). Bot. Bull. Acad. Sinica. 11(2) : 61-78.
11. Li, C. C. 1975. Diallel analysis of yield and its components traits in rice (*Oryza sativa* L.). J. Agric. Assoc. China (N. S.) 92 : 41-56.
12. Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel table. Biometric 10 : 235-244.
13. Hayman, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39 : 789-809.
14. International RiceResearch Institute. 1977. Annual report for 1976. pp 22-23. IRRI. Los Banos, Philippines.
15. International Rice Research Institute. 1978. Annual report for 1977. pp 18-19. IRRI. Los Banos, Philippines.
16. International Rice Research Institute. 1979. Annual report for 1978. p 13. IRRI. Los Banos, Philippines.
17. Jennings, P. R., W. R. Coffman, and H. E. Kauffman. 1979. Breeding for agronomic and morphological

characteristics. *In* Rice ımprovement. pp 79-99. IRRI. Los Banos, Philippines.

18. Jones, D. B., M. L. Peterson, and S. Geng. 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 19 : 641-644.
19. Mather, K., and J. L. Jinks. 1971. Diallels *In* Biometerical genetics. pp 249-284. Cornell Univ. Press, Ithaca USA.
20. Murata, Y. and S. Matsushima. 1975. Rice *In* Crop physiology-some case histories (L. T. Evans ed.). Cambridge Univ. Press, London.
21. Povilaitis, B. 1966. Diallel cross analysis of quantitative characters in tobacco. Can. J. Genet. Cytol. 8 : 336-345.
22. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen, and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A) 6(3) : 190-196.
23. Wei. M. L., Y. C. Kuo, and D. J. Liu. 1984. Physiological studies of rice tillers. II. Productivity of varieties differing in grain volume. J. Agric. Res. Chin. 33(1) : 12-23.
24. Wu. H. P. 1968. Studies on the quantitative inheritance of *Oryza sativa* L. I. A diallel analysis of heading time and plant height in F_1 progeny. Bot. Bull. Acad. Sinica. 9 : 1-9.
25. Wu, H. P. 1968. Studies on the quantitative inheritance of *Oryza sativa* L. II. A dialell analysis for panicle number, tiller number, panicle length, spikelet number and the number of primary branch in F_1 Progeny. Bot. Bull. Acad. Sinica. 9 : 124-138.
26. Yoshida, S. 1979. Fundamental of rice science. p 63. IRRI. Los Banos, Philippines.

Genetic Studies on Larger Kernel Size of Rice

I. Inheritance of Heading Date, Plant Height, Panicle Number and Spikelet Number[1]

Yih-chuan Kuo and Ching Liu[2]

Summary

The inheritance of main characters of larger kernel size of rice were studied by means of a 9×9 diallel crosses including parents and reciprocal crosses. The genetic variations of four agronomic traits, heading date, plant height, panicle number and spikelet number, were significant among the parents. Both additive and dominance effects were important for all four agronomic traits. Furthermore, additive effects were significantly larger than dominance effects for all agronomic traits evaluated except for heading date. Estimated heritabilities for all agronomic traits were very high indicating that a major portion of phenotypic variability was controlled by additive effects. Maternal effects existed in all four agronomic traits. Degrees of dominance for four agronomic traits estimated by graphic and variance analyses showed partial or incomplete dominance except that heading date was complete dominance. The average frequencies of positive and negative alleles in parents were not equal and the number of dominant genes exceeded recessive genes for four agronomic traits. Directions of dominance evaluated by regression plotting and correlation coefficient between Y_r and (W_r+V_r) were toward early maturity for heading date and ambidirections for the others agronomic traits.

---

1. Contribution No. 1255 form Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist and Senior Statistician, respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）35(1)：11～22（1986）

單雜交玉米臺農三五一號之育成[1]

萬 雄 呂宗佳 盧煌勝 何千里[2]

摘要：本省每年進口大量飼料玉米，供畜牧生產之需，可是稻米却生產過剩，且外銷困難，乃推行稻田轉作政策，鼓勵農民栽培玉米，藉以減少稻米生產，並增加玉米自給率，因此，對高產玉米品種之期待至殷。

本省過去玉米育種，以選育適合裡作之早熟品種爲主，產量偏低，未足以誘導農民轉作玉米之意願，且育成品種均屬雙雜交種，較先進國家目前已普遍採用的單交種，在育種時效，採種手續，及機械化栽培上，均屬不利。著者等有鑑於此，乃積極從事單交玉米之選育，於民國73年春育成單交玉米臺農351號。

新品種玉米臺農351號爲本省第一個育成的單雜交種，是在217個單交組合中選出，它的母本與父本自交系分別爲 TA80—2598 及 TA80—1410，母本爲硬粒種，父本爲馬齒種。

臺農351號具有高產潛力，試驗區子粒產量爲 8～10t/ha，農家栽培可達 5～8t/ha，較推廣品種臺南5號及臺南11號增產30～50%。高產特性乃由於成熟期較晚，由播種至吐絲，春作爲65～70天，秋作爲55～60天；生育日數春作約105天，秋作約 115～120天，播種越遲，生育日數愈長。每穗粒數多，平均約在 560粒左右，粒重亦較重。具有良好的抗病性，可抗普通型銹病、煤紋病、葉斑病及甘蔗嵌紋病毒 D 型系統，並較本省現有其他栽培品種耐玉米矮化嵌紋病毒 B 型系統。此外，於發芽至幼苗期，較其他品種有較強之耐水、耐濕性，適合稻田轉作栽培。

本品種之形態特性，爲生育初期莖基、葉鞘呈淡紅色，後期全株呈淡紅色；葉片綠色，著葉數16片；花藥黃色；花穎與花絲淡紅色；每株果穗1～2枚；果穗苞葉緊密；每穗子粒行數16～18行；子粒呈橘黃色。

本省雜交玉米育種工作，始於民國42年，在臺南區農業改良場進行。時玉米主要栽培季節爲秋裡作，生育期有露菌病爲害之虞，故品種選育目標除早熟外，以露菌病之抗病性爲主。

民國49年，第一個雙雜交玉米臺南5號育成[(1)]，早熟豐產，但因其不抗露菌病，故該場旋即著手抗病育種，先後育成抗露菌病雙交品種臺南8號（民國57年育成）[(2)]、臺南9號（58年）[(3)]、臺南11號及臺南12號（60年）[(4)]。其中臺南8號及9號，因產量偏低，未大量推廣，而臺南12號因與臺南11號之親本組合相近，性狀相似，亦未推廣，僅臺南11號由於產量較高，乃逐漸取代原有之臺南5號，成爲主要推廣品種。

臺南5號及臺南11號兩品種，均以採用本地種分離之自交系（如 D 及 C）、美國早熟自交系（如 Oh43 及 Oh45）及菲律賓抗露菌病自交系（如 Ph9DMR 及 DMR3a）等爲親本，遺傳背景至爲狹隘，無法發揮高產潛力。筆者等自民國56年起，亦曾利用該場引自菲律賓的抗露菌病（DMR）自交系爲輪迴親，從事暗玉米（opaque-2）基因的轉移，以選育高離氨酸玉米品種，惜因產量未能

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1256 號。

2.本所所長、農藝系副研究員、助理研究員及助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

顯著高出臺南11號，未行推廣[7,8]。

民國67年後， Exconde 及 Molina氏[5]等在菲律賓成功地使用殺菌劑圍滅露（Ridomil）做玉米種子拌藥處理，獲致完全防治玉米露菌病的效果。隨後張新吉氏[6]在本省亦證實其防治效果。自此，本省玉米品種選育工作，可以不受限於僅使用抗露菌病種源，種源利用範圍得以擴大，使玉米品種產量潛力改良成功之機會大增。此時適逢政府推行稻田轉作政策，急需高產玉米品種，對早熟特性之要求已非必要，選育中晚熟性品種，以獲致高產之機率亦大增。

本省雜交玉米之種類，過去均以育成雙雜交種為主，在育種時效，採種手續，及機械化栽培各方面，均不如單交種之簡捷而有利。不過育成單交種之先決條件為自交系必需具有強健生長勢，種子生產量方不致降低，而能符合經濟採種原則。本省雜交玉米之選育，亦因新自交系生長勢的改善，以及產量的提高，單交雜種之育成，已成今後發展之方向[9]。本省玉米品種改良將由雙交種進入單交種的新階段。

著者等鑑於上述玉米品種改良形勢之要求，已選育優良自交系，育成高產單交玉米品種，適時提供稻田轉作之需要，本文為單雜交玉米臺農351號育成之報告。

材料與方法

一、自交系之分離與純化

本試驗所使用自交系，均由國外引進，經一年之分離與純化後，選優進行測交檢定工作，以檢定自交系之一般組合力，並探求最佳之單交組合。選用自交系計38個，依玉米種源之小族複合羣別（racial complex），以7個具有種源代表性之自交系為檢定親，當父本；其餘31個視為受檢親，當母本。參試自交系之代號、系譜、引進地點及粒型等，列於表1.

表1. 自交系的來源與粒型

Table 1. The origin and kernel forms of inbreds

a. Paternal parents

Code	Pedigree	Origin	Kernel form
TA80—2517	Mo 17	Missouri, USA	Dent
TA80—2566	CI. 21E	USDA	Dent
TA80—2598	CM105	India	Flint
TA80—2599	CM111	India	Flint
TA80—2601	Tx601	Texas, USA	Dent
TA80—3534	Antiqua-2D	Caribbean	Flint
TA80—3651	B68	Iowa, USA	Dent

b. Maternal parents

Code	Pedigree	Origin	Kernel form
TA80—1052	SR—52F	Rhodesia	Dent
TA80—1053	SR—52M	Rhodesia	Dent
TA80—1403	77—4407	Hawaii	Dent
TA80—1406	77—4412	Hawaii	Dent

TA80—1410	77—4441	Hawaii	Dent
TA80—1412	77—4449	Hawaii	Dent
TA80—1413	77—4544	Hawaii	Dent
TA80—2112	Fla—2AT—112	Florida	Flint
TA80—2114	Fla—2AT—114	Florida	Flint
TA80—2154	Fla—2BT—54	Florida	Flint
TA80—2238	INV—138	Texas	Flint
TA80—2302	INV—302	Texas	Flint
TA80—2443	INV—443	Texas	Flint
TA80—2534	INV—534	Texas	Flint
TA80—2600	Tuxpeno	Texas	Dent
TA80—2602	Tx—602	Texas	Dent
TA80—2632	H632—A	Kenya	Dent
TA80—2633	H632—F	Kenya	Dent
TA80—2634	H632—G	Kenya	Dent
TA80—2725	ICAL—25	Colombia	Flint
TA80—2739	ICAL—27	Colombia	Flint
TA80—2808	ICAL—210	Colombia	Flint
TA80—2814	ICAL—221	Colombia	Flint
TA80—2830	ICAL—223	Colombia	Flint
TA80—3011	MIT—11	Philippines	Flint
TA80—3111	CIMMYT—T11ES	Mexico	Flint
TA80—3121	CIMMYT—A21	Mexico	Flint
TA80—4243	Pi—4243	Pioneer Company	Dent
TA80—4257	Pi—4257	Pioneer Company	Dent
TA80—4283	Pi—4283	Pioneer Company	Dent
TA80—4287	Pi—4287	Pioneer Company	Dent

二、測交種子生產

本試驗31個受檢親自交系，分別與7個檢定親進行測交，採用人工授粉方式，完成單雜交種子之生產，共獲217個單交組合，供進行單交種產量比較試驗之用。

三、單交種產量比較試驗

上項所獲217個單交種，另加其他優良品系8個，包括推廣品種臺南5號與臺南11號，總計225個，配合成15×15簡方設計，二重複，行長 3.5m ，二行區，行株距 80×21cm，進行田間試驗。試驗結果，以217個單交種爲主，進行統計分析。

生育期間，調查各項農藝性狀，方法如下：

1.開花期：由播種日起至小區中有50%植株達雄穗始花之日數。

2.吐絲期：由播種日起至小區中有50%植株雌穗開始吐絲之日數。

3.株高：每小區逢機選取5株，由地面至雄穗主軸頂端之高度平均數，以公分表示之。

4.穗位高：以測定株高之植株，同時測量其穗位高度，即由地面至最上位雌穗基部之平均高度，以公分表示之。

5.子粒含水率：收穫時每小區果穗之鮮重與乾燥後重量之差佔鮮重之百分率。

6.脫粒率：每小區逢機選取 5 乾果穗，脫粒後粒重佔乾果穗重之百分率。

7.一穗粒數：上述 5 果穗，脫粒後計數，求得平均粒數。

8.百粒重：上述 5 果穗脫粒後，逢機取100粒種子之重量，以 gm 表示之。

9.子粒產量：每小區收穫30株之子粒重量，換算為每公頃之公斤數，再依子粒含水率換算為15.5%含水率時之公斤數，以 kg/ha 表示之，或簡化為公噸／公頃（t/ha）。

四、新品系區域試驗：

本試驗於72年春、秋兩季舉行。春作在花蓮、臺東、臺南、桃園、宜蘭及臺中等 6 地區舉行，供試品種為臺農育351號，並視地點不同，以臺南選10號及臺南11號為對照。試驗採用逢機完全區組設計，重複 4 次，6 行區，行長 6 公尺，行株距60×30公分。

秋作在桃園、臺中、臺南、高雄、臺東、花蓮等 6 地區舉行，供試品種為臺農育121號、351號、365號、臺南育 2 號、4 號、5 號及 6 號，並以臺南11號為對照。試驗採逢機完全區組設計，重複 4 次，4 行區，行長 9 公尺，行株距 70×25cm

春作與秋作田間生育調查項目與單交種產量比較試驗相同。

五、肥料三要素需要量試驗：

本試驗在臺中（外埔）、彰化（二林）、嘉義（鹿草）、臺南（新營）及屏東（新園、高樹）等 6 地點進行。肥料處理計有：N 分為 100、150、200kg/ha；P 分為 0、50、100kg/ha；K 分為50與 100kg/ha，三種要素量的配合，採用不完全組合，以減少處理數，僅採用 6 種配合處理，詳列如下：

N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
(1) 100	100	50	(4) 150	0	50
(2) 150	100	50	(5) 150	50	50
(3) 200	100	50	(6) 150	100	100

田間採用逢機完全區組設計，重複 4 次，10行區，小區面積 38.5m²，行株距 70×25cm

結果與討論

一、單交種產量比較試驗

217個單交種試驗結果，經變方分析後，示於表 2。單交種間之產量差異極為顯著，其他農藝性狀亦有極顯著之差異。7 個父本（檢定親）間，以及31個母本（受檢親）間之產量與農藝性狀也有顯著的差異。父本×母本之交感也均極顯著。

七個父本自交系之產量與農藝性狀平均數列如表 3，其產量表示各自交系的一般組合力。其中以 TA—80—2566 的一般組合力最優，其次為 TA—80—2598，再次為 TA—80—2517。其他農藝性狀亦以 TA—80—2566 較優，如植株較矮、穗位低、早熟、粒大及一穗粒數多等。

31個母本自交系的產量與農藝性狀平均數，列如表 4，表示31個受檢自交系的一般組合力。由表 4 可知 TA—80—2739、TA—80—1413、TA—80—2632、TA—80—2112、TA—80—2443、TA—80—1052、TA—80—2154 及 TA—80—1412 等 8 個自交系的一般組合力較優。這些自交系除TA—80—2112、TA—80—2443及TA80—1412外，其餘均有株高、穗位稍高及稍遲熟等缺點。

表2. 217個單交種產量及農藝性狀變方分析所得之均方值

Table 2. Mean squares from the analysis of variance for yield and agronomic characters of the 217 testcross hybrids

Source	df	Grain Yield (kg/ha)	Moisture (%)	Kernel Number Per Ear	Shelling Rate (%)	100-Kernel Weight (g)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	Days to Tasseling
Hybrid	216	4.704**	30.049**	10,226**	13.160**	25.088**	358.533**	267.655**	18.752**
Male	(6)	8.036**	177.159**	25,548**	135.691**	51.626**	624.543**	2,700.537**	221.015**
Female	(30)	10.287**	74.052**	17,824**	29.198**	75.624**	969.684**	639.870**	45.247**
Male ×Female	(180)	3.663**	17.812**	8,482**	6.403**	15.780**	247.807**	124.523**	7.595**
Error	217	0.024	0.697	61	2.368	0.656	7.180	5.530	0.623

**significant at the 1% level.

表3. 七個父本自交系的產量及各項農藝性狀平均值

Table 3. Means of yield and agronomic characters of the 7 paternal parents

Inbred	Grain Yield (kg/ha)	Moisture (%)	Kernel Number Per Ear	Shelling Rate (%)	100-Kernel Weight (g)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	Days to Tasseling
TA80—2517	6,451 c *	23.58 e	341.27 c	83.02 a	31.17 d	211.47 b	97.00 d	57.78 f
TA80—2566	6,809 a	27.61 b	357.41 a	80.80 c	32.47 b	210.42 cd	102.68 c	59.89 e
TA80—2598	6,696 b	26.66 c	352.66 b	80.01 d	31.64 c	210.79 bc	108.39 b	60.63 c
TA80—2599	6,092 e	26.20 d	330.60 d	79.37 e	31.77 c	216.39 a	108.37 b	60.22 d
TA80—2601	6,001 f	28.40 a	329.24 d	79.18 e	30.36 e	215.71 a	107.55 b	63.36 a
TA80—3534	5,866 g	28.31 a	303.99 f	78.88 e	32.71 ab	209.71 d	111.44 a	62.72 b
TA80—3651	6,167 d	27.81 b	311.40 e	81.44 b	32.91 a	207.71 e	93.77 e	59.75 e

* Values with letters in common are not significantly different at 5% level.

表4. 三十一個母本自交系的產量與各項農藝性狀平均值

Table 4. Means of yield and agronomic characters of the 31 maternal parents

Inbred	Grain Yield (kg/ha)	Moisture (%)	Kernel Number Per Ear	Shelling Rate (%)	100-Kernel Weight (g)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	Days to Tasseling
TA80—1052	7,319 d	28.26 de	346.46 ef	83.04 ab	35.18 b	213.14 ef	102.79 j	63.04 b
TA80—1053	6,839 f	29.27 bc	339.44 gh	82.49 abc	34.18 c	214.93 e	106.36 fg	60.54 fghi
TA80—1403	6,273 h	27.07 hi	341.88 fgh	79.90 ghij	31.39 j	218.14 d	108.57 e	60.86 fg
TA80—1406	5,921 lm	26.45 ij	326.44 klm	78.77 jk	31.57 ij	212.93 ef	105.36 fghi	60.68 fgh
TA80—1410	6,198 hi	26.16 jk	344.24 efg	79.49 hijk	31.07 jkl	204.79 lm	96.36 mn	58.82 jk
TA80—1412	7,155 e	26.18 jk	399.04 b	79.80 ghij	30.50 l	213.00 ef	100.00 k	58.93 jk
TA80—1413	7,647 b	26.36 jk	398.48 b	81.62 cdef	32.61 fgh	231.07 a	110.86 cd	58.86 jk
TA80—2112	7,365 d	26.51 ij	363.31 c	81.70 cde	33.93 c	190.93 n	88.57 p	60.00 r
TA80—2114	6,514 g	23.77 o	318.55 n	83.50 a	33.57 cde	208.79 hij	99.93 k	59.39 j
TA80—2154	7,177 e	25.69 kl	355.69 d	82.64 abc	33.93 c	217.21 d	110.86 cd	60.18 hi
TA80—2238	6,062 jk	27.48 fgh	325.97 lm	81.18 defg	31.39 j	207.00 jk	108.57 e	60.25 ghi
TA80—2302	5,216 r	28.11 efg	287.98 gr	78.39 k	29.36 mn	203.36 m	105.29 fghi	61.96 cd
TA80—2443	7,341 d	24.23 no	364.49 c	79.50 hijk	33.61 cd	207.50 ijk	100.29 k	58.75 jk
TA80—2534	5,930 lm	22.05 p	338.15 ghi	80.37 efghi	29.61 m	204.21 lm	97.57 lm	57.86 l
TA80—2600	5,946 klm	27.42 gh	332.53 ijk	81.09 defg	29.86 m	210.64 gh	103.50 hij	61.50 de
TA80—2602	5,824 mn	29.59 b	321.43 mn	80.65 defghi	30.68 kl	207.07 ijk	103.43 ij	61.11 ef
TA80—2632	7,517 c	29.49 bc	326.16 lm	81.04 defgh	37.93 a	218.50 d	112.14 bc	62.57 bc
TA80—2633	6,086 ij	30.73 a	309.99 o	79.28 ijk	33.64 cd	220.86 c	114.86 a	63.18 b
TA80—2634	5,790 no	30.46 a	317.52 n	80.69 defghi	33.04 def	218.00 d	113.43 ab	62.14 cd
TA80—2725	4,991 s	28.18 ef	261.89 s	78.37 k	31.21 jk	217.14 d	111.29 cd	62.61 bc
TA80—2739	8,148 a	24.39 no	410.92 a	79.32 ijk	34.14 c	225.57 b	112.07 bc	61.04 ef
TA80—2808	6,781 f	26.17 jk	349.64 e	81.99 bcd	32.93 efg	217.57 d	106.57 f	60.68 fgh
TA80—2814	6,536 g	30.24 a	335.66 hij	80.47 defghi	32.36 gh	213.50 e	102.93 j	62.04 cd
TA80—2830	6,581 g	27.86 efg	330.46 jkl	81.06 defg	33.54 cde	210.64 gh	104.57 ghij	63.07 b
TA80—3011	5,134 r	21.38 q	290.36 q	78.43 k	28.96 n	218.36 d	109.64 de	57.86 l
TA80—3111	5,251 r	28.10 efg	315.38 no	80.37 efghi	28.32 o	206.14 kl	109.57 de	64.82 a
TA80—3121	5,693 op	28.86 cd	298.72 p	78.33 k	31.32 jk	208.21 ijk	105.43 fgh	61.61 de
TA80—4243	5,585 pq	24.87 mn	346.04 ef	80.74 defghi	27.25 p	211.21 fg	95.29 n	58.86 jk
TA80—4257	5,976 jkl	28.02 efg	362.43 c	80.13 fghij	27.89 o	209.29 ghi	92.71 o	58.54 k
TA80—4283	5,495 q	25.40 lm	282.54 r	78.84 jk	30.68 kl	212.93 ef	98.43 k	59.04 jk
TA80—4287	4,926 s	26.34 jk	261.62 s	78.79 jk	32.04 hi	191.36 n	92.07 o	58.46 k

Values with letters in common are not significantly different at 5% level.

表5. 單交種玉米品系產量比較試驗19個優良品系之產量及農藝性狀

Table 5. Yield and agronomic characters of the top 19 hybrids in single hybrids yield trial

Hybrid	Cross Combination	Grain yield (t/ha)	Moisture (%)	Kernel No. per ear	Shelling rate (%)	100-kernel weight (g)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Days to tasseling	Days to silking
TNG Yuh 351	TA80—2598×TA80—1410	10.40	24.3	558.6	77.8	35.0	213	105	59.5	64.5
TNG Yuh 218	TA80—2598×TA80—2739	10.23	23.7	521.3	80.4	32.8	226	119	61.0	71.5
TNG Yuh 263	TA80—2517×TA80—2443	10.17	20.0	489.7	84.4	34.5	215	102	56.0	62.0
TNG Yuh 168	TA80—2566×TA80—2112	10.08	25.0	529.4	84.3	36.3	209	92	61.2	68.5
TNG Yuh 185	TA80—3651×TA80—2154	9.94	21.4	359.9	84.1	45.8	232	120	56.7	62.0
TNG Yuh 242	TA80—2517×TA80—2230	9.80	23.6	459.2	84.3	36.0	226	103	60.5	70.0
TNG Yuh 309	TA80—2598×TA80—1052	9.77	24.6	458.4	84.9	35.0	225	120	61.0	74.7
TNG Yuh 357	TA80—2566×TA80—1412	9.53	26.0	503.3	80.7	36.8	214	105	59.2	65.0
TNG Yuh 190	TA80—2598×TA80—2632	9.49	27.6	431.7	82.2	36.8	223	124	62.0	76.5
TNG Yuh 318	TA80—3651×TA80—1053	9.41	27.4	454.6	84.5	35.8	217	100	59.5	64.2
TNG Yuh 365	TA80—2598×TA80—1413	9.31	23.0	433.5	81.2	34.8	239	129	57.0	70.7
TNG Yuh 171	TA80—3651×TA80—2112	9.30	26.3	440.2	82.5	34.0	188	83	53.7	64.0
TNG Yuh 337	TA80—2598×TA80—1403	8.86	22.7	480.2	80.4	35.5	226	120	60.5	67.0
TNG Yuh 216	TA80—1042×TA80—2739	8.85	22.1	443.1	78.3	35.5	227	116	61.5	75.0
TNG Yuh 222	TA80—2601×TA80—2739	8.79	25.1	427.2	79.0	33.8	234	123	64.0	72.5
TNG Yuh 262	TA80—3651×TA80—2443	8.65	22.9	349.6	79.7	41.1	214	96	56.7	63.5
TNG Yuh 369	TA80—2601×TA80—1413	8.61	26.3	481.0	79.9	33.8	254	132	61.7	70.5
TNG Yuh 329	TA80—2566×TA80—2602	8.60	30.4	455.5	81.3	35.5	206	100	60.2	71.0
TNG Yuh 188	TA80—1042×TA80—2632	8.51	29.5	310.8	82.1	44.5	223	126	64.5	76.7
TN 11	[(2027—3—5×LY22—4)×(Ph9DMR×Ame3)]	5.80	23.7	452.0	82.3	24.0	183	66	57.0	61.0
TN 5	[(Oh43×Oh45)×(D×C)]	5.30	22.7	467.0	81.5	19.0	180	61	56.0	59.0

供試217個單交種的產量及有關農藝性狀，由於數目衆多，不易比較，僅就其中產量超過8.5t/ha的組合計19個，列於表 5 。單交組合217個依品系代號，由臺農育153至369號表示，其中以臺農育351號品系之產量最高，達10.4t/ha。其餘尚有臺農育218、263及168號亦均達10t/ha 水平。另有產量達9t/ha以上者 8 品系，而推廣品種臺南 5 號及11號分別爲5.3及5.8t/ha。如以臺農育351號與推廣品種比較，則產量超過臺南 5 號96%，臺南11號79%。產量最低的臺農育188號 ，也超過臺南11號47%。

農藝性狀方面，則新品系之株高均在 2 公尺以上，較推廣品種爲高，穗位亦高；開花期除臺農育222號及188號外，較推廣品種遲 3 — 4 天；吐絲期在新品系間差異較大，較推廣品種遲 2 —16天不等。新品系高產之主要因素爲每穗粒數多，以及子粒較重。

臺農育351號經植病研究人員測定結果，抗普通型銹病，但不抗南方型銹病 ， 抗病性係由父本自交系 TA80—1410 而來。此外，並抗煤紋病、葉斑病、及甘蔗嵌紋病毒 D 型系統，及較耐玉米矮化嵌紋病毒 B 型系統。同時兼具較强之耐水、耐濕性。

臺農育218號、263號等雖然產量亦高，但子粒色淡，同時更爲遲熟 。 臺農育185號則感染煤紋病。故從產量、農藝性狀、成熟期、抗病性及子粒色澤等做綜合考慮 ， 以臺農育351號爲最佳之單交種。這一品系唯一的缺點爲果穗末端常有部分不結實現象，但對最後的產量而言，似無很大影響。

二、玉米新品系區域試驗：

（一）春作試驗：本試驗在全省六處舉行，因逢七十二年春季持續降雨數月之久，爲80年來所僅見，因此除花蓮、臺東尚能有結果外，其餘均未獲可靠結果。玆將花蓮、臺東兩地之試驗結果，列如表 6 。表 6 結果顯示，臺農育351號在花蓮地區，產量較臺南選10號增產 18.4%，而較臺南11號增產35%，在田間對煤紋病具有良好抵抗性，與臺南選10號相同，而較臺南11號之抗病力爲强。在臺東臺農育351號產量僅較臺南11號增加24%。

（二）秋作試驗：秋作在全省六處試驗結果，列如表 7 。由表 7 結果顯示，六地點區域試驗中，桃園、高雄及花蓮三場，均以臺農育351號之產量居首位，而六場之平均，雖臺農育351號與臺南育 6 號兩品系之產量無明顯之差異，惟亦均居參試品系之首位，較對照品種臺南11號增產34%。對葉斑病及煤紋病等二種主要玉米葉部病害，在臺東及花蓮兩地區調查結果，顯示臺農育 351號抗性最强，而銹病之抗性，經本所植病系檢定，臺農育351號僅抗普通型 ， 而東部地區大部爲南方型，故仍感染銹病。

三、玉米新品系臺農育351號肥料三要素需要量試驗：

本試驗之結果列於表 8 。由表 8 可知，各試驗地點對三要素中氮素的效應，如以處理代號 1 ，2，3 加以比較，一般而言，增施氮肥可以增加產量。除新營、新園、高樹三地，大約施用 150kg/ha 即獲有最高之產量外，其餘各地施用至 200kg/ha 時，仍有增產效果，顯示臺農育351號對施用氮肥之反應良好。

磷肥效應，可以處理 2 ，4 ，5 加以比較。除新園、高樹兩地施用 50kg/ha 外，其餘均以 100 kg/ha 之產量爲高，表示新品系臺農育351號對磷肥也顯示有良好的反應。根據本試驗各試區土壤分析結果，磷酸需要量與土壤中之有效磷含量有極顯著相關，因此各地對磷的用量，可根據各地區土壤有效磷的含量決定之。

鉀肥可以處理 2 與 6 相比較，各地除外埔、二林兩地點需 100kg/ha 外，其餘均以 50kg/ha 即已足够，故對鉀肥而言，臺農育351號之反應較小。

依據表 8 中六地點平均產量而言，臺農育351號對三要素的反應趨勢，仍以氮素 150～200kg/ha，磷素 50～100kg/ha 的施用量爲適宜。惟此一磷素推薦量係依土壤中有效磷酸含量在 60～80ppm 爲標準，如低於此數，施用量可在 100kg/ha 以上，如高於此數，則可施用 40～50kg/ha 即足。一般在土壤結構密緻，粘重，磷吸收較困難時，缺磷嚴重，應多施磷肥，同時施放位置應使靠近種子爲有效。

表6. 臺農育351號72年春作在花蓮、臺東之區域試驗成績

Table 6. Yield performances of TNG Yuh 351 in regional yield trial (spring 1983)

Location	Variety	Days to tasseling	Days to silking	Days to maturity	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Grain yield (kg/ha)	Yield index (%)	Turcicum leaf blight (rate)
Hualien	TNG Yuh 351	63	66	111	232	123	19.2	5.19	5,479	135	1
	TNS 10	59	63	107	204	126	18.0	5.05	4,618	114	1
	TN 11	49	53	97	207	89	17.4	4.56	4,049	100	3
Taitung	TNG Yuh 351	61	66	107	256	…	15.5	4.53	5,905	124	—
	TN 11	56	60	98	236	…	14.5	4.10	4,759	100	—

表7. 72年秋作玉米新品系區域試驗六地點平均成績

Table 7. Yield performances of maize new hybrids averaged over 6 locations in regional yield trial (fall 1933)

Hybrid	Days to tasseling	Days to silking	Days to maturity	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Southern rust (rate)	Turcicum leaf blight (rate)	Maydis leaf blight (rate)	Grain yield (kg/ha)	Yield index (%)
TNG Yuh 121	51	57	120	215	129	1.5	2	2.00	5,126	133.6
TNG Yuh 351	50	55	120	208	133	2.5	1	1.25	5,143	134.1
TNG Yuh 365	49	55	119	217	128	2.0	3	1.50	4,540	118.4
TN Yuh 2	50	55	119	197	108	2.5	3	1.75	4,291	111.2
TN Yuh 4	49	55	118	215	119	2.0	3	1.75	4,571	119.2
TN Yuh 5	47	52	118	204	125	2.0	3	1.50	5,105	133.1
TN Yuh 6	47	52	117	210	122	1.5	3	1.25	5,168	134.7
TN 11	45	52	107	193	118	2.5	3	1.75	3,836	100.0

表8. 臺農育351號肥料三要素試驗之子粒產量

Table 8. Yield performance of TNG Yuh 351 in NPK fertilization (t/ha)

Fertilization				Location						
	N	P	K	Waipu (外埔)	Erhlin (二林)	Lutsao (鹿草)	Shinyin (新營)	Shinyuan (新園)	Kaoshu (高樹)	Average
	··· (kg/ha) ···									
1	100	100	50	6.18	8.00	6.50	5.23	6.18	6.92	6.50
2	150	100	50	7.18	[illegible]	7.07	6.57	6.36	7.61	7.17
3	200	100	50	7.29	8.70	7.21	5.69	6.28	7.33	7.08
4	150	0	50	5.95	8.08	6.69	6.27	6.34	7.31	6.77
5	150	50	50	6.78	8.15	6.94	6.49	6.15	7.13	6.94
6	150	100	100	7.39	8.88	6.71	6.40	6.16	7.24	7.13

四、形態特徵：

依據單交種產量比較試驗及區域試驗等調查資料及田間觀察，臺農 351號之形態特徵如下：

(一) 植株：植株高大，莖基在生長期呈淡紅色，後期全株均呈淡紅色。

(二) 葉片：寬大呈綠色。

(三) 著葉數：每株葉片數，平均約16片。

(四) 雄花穗：雄花穗分枝多，著生之小花穗亦多，小穗顏色淡紅，但花藥則爲黃色。

(五) 雌花穗：長大，苞葉緊密，花絲呈淡紅色。

(六) 每株果穗數：每株果穗數平均1－2枚，尤以邊行或行株距較大時，每株常著生2穗。

(七) 果穗上子粒行數：平均16—18行。

引用文獻

1. 張新吉、謝桑煙・1962・雜交玉米臺南五號之育成・玉米研究中心研究彙報第1號：1—13。
2. 張新吉・1968・雜交玉米新品種臺南8號之育成・臺南區農業改良場研究彙報第1號：11—12。
3. 張新吉、吳炎融・1970・早熟雜交種臺南9號之育成。玉米研究中心研究彙報第8號：31—36。
4. 張新吉、吳炎融・1972・抗露菌病雜交玉米臺南11號及臺南12號之育成。玉米研究中心研究彙報第9號：1—5。
5. Exconde, O. E. and A. B. Molina, Jr. 1978. Note: Ridomil (Giba-Geigy): A seed-dressing fungicide for the control of Philippine corn downy mildew. The Philippine Journal of Crop Science 3 : 60—64.
6. 張新吉・1978・Ridomil 藥劑種子處理防治玉米露菌病試驗・玉米研究中心研究彙報第12號：5—8。
7. 萬雄、王光・1970. Opaque-2 及 floury-2 基因對玉米粒重之影響。農業研究21：175—186。
8. 呂宗佳、盧煌勝、萬雄・1983・雙交種暗玉米產量穩定性之研究。中華農業研究32：219—227。
9. 呂宗佳・1983・玉米測交與全互交分析，中華農業研究32：312—324。

Development of Maize Single Hybrid Tainung 351[1]

Hsiung Wan, Tzong-chia Lee, Hung-shung Lu and Chan-lee Ho[2]

Summary

Huge quantities of feed corn are imported annually for the development and production of livestocks and poultries in Taiwan. On the contrary, the production of rice for domestic consumption is seriously overstocked and difficult to be exported. Recently, there has been serious discussion about the problem of rice suplus and the government is concerned to encourage crop diversification, in particular, by means of raising corn production. Under the circumstances, the development of high yield maize hybrid has become extremely necessary.

In the past two decades, corn improvement in Taiwan was mainly concentrated on the development of early-mature and double-cross types of hybrids, so that maize could be planted during the winter and fitted in the triple cropping system in paddy field, the average yield of corn is rather low.

Recently, as far as yield potential and the benefits of breeding efficiency, hybrid seed production procedure, as well as mechanized cultural practice are concerned, single hybrid of maize is much more advanced. In order to fulfill the above expectations the new maize single hybrid Tainung 351 (TNG 351) is released in spring 1984.

Tainung 351 is the first single maize hybrid developed in Taiwan. It is a selection from the 217 single hybrids in a testcross evaluation program. The parental inbred of TNG 351 are TA80—2598 and TA80—1410. The maternal parent TA80—2598 is a Cuban flint while the paternal parent TA80—1410 a U. S. dent conversion.

TNG 351 possesses high yield potential. In experimental plot, it yields as high as 8—10 t/ha; in the farmer's land it yields 5—8 t/ha normally, this is 30—50% higher than that of the previously released varieties TN5 and TN11. The high yield potential of TNG 351 is due to its later maturity, the days from planting to midsilking are 65—70 and 55—60 days, and the days to maturity are 105 and 115—120 days, respectively in the spring and fall crops. The later it is planted in the fall crop the longer required to mature. The kernel number per ear of TNG 351 is around 560 on average, and its kernel weight is heavier. It is resistant to puccinia sorghi (common rust), turcicum and maydis leaf blights, as well as the sugarcane mosaic virus D strain. In addition, it is also

---

1. Contribution No. 1256 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Director, Agronomist, Assistant Agronomist, and Assistant, respectively, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, 431, ROC.

more tolerant to maize dwarf mosaic virus B strain than the other cultivars in Taiwan. Besides, it is more tolerant to flooding and humidity during emergence to seedling stage, therefore, more adapted to grow in the paddy field than other cultivars.

The morphology of TNG 351 shows as follows: the stalk base and the leaf shealth are light red during the early growth stage, and gradually, the whole plant turns into light red at the mature stage. The color of its leaves is green, the anther is yellow, the spiklets and silk are light red. The number of leaves per plant is 16, number of ear per plant is 1—2, and number of kernel rows per ear is 16—18. The color of kernels is orange. The husk covers the ear very tightly.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）35（1）：23～36（1986）

玉米子粒充實特性之研究[1]

曾紹徽　王強生　劉大江[2]

摘要：本試驗以臺南11號、臺農 351號、臺農育 121 號及 CS 711 爲材料，將玉米穗部區分爲穗軸，苞葉及上、中、下三部位子粒，分別測定三部位子粒在充實期子粒數、子粒重及非構造性碳水化合物（TNC）與 N 素濃度之變化，並估算百粒重和上、中、下三部位子粒對全穗子粒最終產量的貢獻，以瞭解子粒之充實特性與營養成分的變化，探討子粒發育不良的原因及影響子粒發育之關鍵時期。

試驗結果顯示子粒乾物重約有93—97%是於直線充實期累積的；上位子粒乾物質之累積速率及累積量顯著的較中、下兩部位爲低，且每株粒數及百粒重示較低，因此對全穗子粒最終產量的貢獻，上位皆少於中、下兩部位，其間的差異程度因品種而異。各品種均以中位子粒具最多粒數，下位子粒之百粒重雖較高，但不足以彌補粒數減少的損失，因此下位子粒對產量的貢獻低於中位子粒。上、中、下三部位子粒 TNC 及 N 含量的變化和乾物重變化相似，以中位子粒有最高的累積量，下位次之，上位最少。臺南11號每穗粒數較少，而使產量無法提高；臺農 351號其穗頂較不充實，使上位子粒之粒數及容積顯著減少，積儲容量因而受到限制；但與臺農351號來自同一母本的臺農育121號因無穗頂不充實現象，爲本試驗中產量最高的品種。CS 711 每穗粒數及百粒重均較低，積儲容量小，且供源亦顯不足。試驗顯示玉米子粒之充實特性隨著品種遺傳背景之不同而互異。

綜合本試驗結果，得知三部位子粒無論就粒數，粒重及充實速率而言，均以中位子粒之表現最佳，對產量亦最具重要性，但如能改善頂端子粒之充實特性，仍不失爲有限度提高產量的有效方法。

臺灣近年來因稻米生產過剩，造成糧政問題，乃積極推廣稻田轉作，鼓勵農民以其他作物代替水稻，一方面紓解稻米生產過剩之壓力，另一方面節省國家進口雜糧之外匯。玉米爲最具潛力的轉作作物之一，因其爲異交作物，且利用雜種優勢，較易培育出適應當地種植之高產品種。

玉米產量基本上是由植株光合能力及同化產物之轉運和貯藏效率所共同決定[8]，因此玉米子粒接受同化物質的能力（積儲容量）可能成爲產量限制因子[12]。Tollenaar and Daynard[19]將玉米植株部分去葉或部分去穗，發現這兩種處理均會降低植株生長速率，顯示玉米供源與積儲間的關係相當複雜，更增加了尋找產量限制因子的困難。某些研究證實積儲爲北美洲地區玉米的產量限制因子[15]，熱帶玉米似乎也由積儲能力來決定子粒產量[22]，但亦有報告指出供源會限制某些溫帶玉米的產量[23]。所謂積儲容量就是每株子粒數與子粒容積的乘積[18]，玉米穗部頂端之子粒常有不稔或不充實的現象[4,18]，其充實速率也較低[6,18]，此外吐絲期及子粒充實期間，供源不足亦會減少子粒粒數及粒重[5,11,15,17]，這些因素均會降低產量。

臺農351號爲省農業試驗所培育出之玉米單交品種，平均產量達 6 t/ha，較一般農民栽培之雙交

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1257 號。

2.本所農藝系助理、助理研究員與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

種平均產量3.5 t/ha 高出甚多；與臺農351號來自同一母本之臺農育121號，產量也很高。本試驗以臺農351號、臺農育121號及雙交種臺南11號、CS 711（自菲律賓引進）四個品種爲材料，探討穗上三個不同位置子粒之發育情形，以瞭解子粒充實特性與營養成分的變化，並由試驗結果探討子粒發育不良的原因及影響子粒發育最重要的時期，做爲提高玉米產量之參考。

材料與方法

試驗採用之材料爲臺南11號（TN 11），臺農351號（TNG 351），臺農育121號（TNG Yu 121）及 CS 711 等四個玉米品種，於73年9月15日（秋作）播種於臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場。播種時每穴播二粒種子，出土後間拔爲1株，行株距爲 85×20cm。肥料用量爲 N：P：K＝200：100：80 kg/ha，以硫酸銨、過磷酸鈣及氯化鉀之型態施用，40%之氮以基肥施於田間，其後則於出土後25天及44天分別施40%及20%之追肥；磷肥及鉀肥各以50%之量做爲基肥，剩餘之50%則在出土後25天施用。生育期間進行中耕，除草及培土一次，其他田間管理按一般慣行栽培法進行。試驗採完全逢機設計，重複三次。

植株自吐絲期開始，每隔十天採樣一次，每次自每小區逢機選取6株，三小區合計18株，取其穗部，區分爲子粒、苞葉、穗軸三部分，並依穗長將子粒均等分爲上、中、下三部位，分別脫粒、烘乾，測定各部分乾物重，調查子粒上、中、下三部位之粒數及粒重，並計算百粒重及全生育期上、中、下三部位子粒重佔子粒最終產量的百分比。各部分乾物重資料進行相關分析，相關分析資料將另文報告。

穗軸及三部位子粒尚進行非構造性碳水化合物（total nonstructural carbohydrates，簡稱 TNC）及 N 素之測定。分析方法係將烘乾後之材料以 Wiley mill 經40目（mesh）篩磨粉，粉狀樣品置於 PE 塑膠瓶中，再以 80° 烘乾24小時後，以內、外蓋封口置於塑膠袋內密封供分析用。TNC 係仿 Smith[13] 法分析，秤取適量（60—400mg）樣品，以 0.5% takadiastase（"Clarase 40,000", Miles Laboratories Inc., U. S. A）於 40°C 水解44小時，再以 Shaeffer-Somogyi copperiodometric titration method 定量。N素係以 Semi-micro Kieldahl 方法測定。

結　　果

依穗部長度將子粒均等分爲上、中、下三個部位，分別測定此三部位子粒在充實期間乾物重、百粒重、粒數及非構造性碳水化合物（TNC）與 N 素濃度之變化；也分別測定穗軸及苞葉乾物重，TNC 及 N 素之變化。

一、穗部乾物重

臺南11號、臺農351號、臺農育121號、CS 711 四個品種穗部各成分乾物重之變化示於圖1。四個品種之穗部自吐絲期開始即迅速累積乾物質，累積量均呈直線增加，惟臺農 351號於吐絲後36天起，累積速率較前期慢；臺農育 121號自吐絲後60天起，累積速率亦較慢，但成熟時穗部總乾物重分別爲 193.5 g/plant 及 230 g/plant，均高於臺南11號之 158.4 g/plant 及 CS 711 之 147.8 g/plant。四個品種子粒乾物重增加趨勢和穗部極爲相似，兩者乾物重之相關係數高達 0.99；至成熟時臺南11號、臺農351號、臺農育121號及 CS 711 子粒乾物重分別爲 124.9 g/plant, 147.4 g/plant, 176.5 g/plant, 107.1 g/plant，其中以臺農351號及臺農育121號較高，成熟期四個品種的子粒乾重在整個穗部所佔的比率，分別爲臺南11號79%，臺農育121號77%、臺農351號76%及CS 711 72%。

四個品種穗軸乾物重自吐絲期開始至吐絲後20天左右增加最爲迅速，臺農育 121號直線累績期且可延長至吐絲後30天，其後穗軸乾物重即不再顯著增加，至成熟時還略爲降低。估計 TN 11, TNG 351, TNG Yu 121 及 CS 711 穗軸之乾物質從最高累績量到成熟期分別降低了3.78 g/plant 6.36 g/plant, 3.01 g/plant 及 1.74 g/plant。苞葉乾物重的變化趨勢在四個品種略有不同，臺南11號

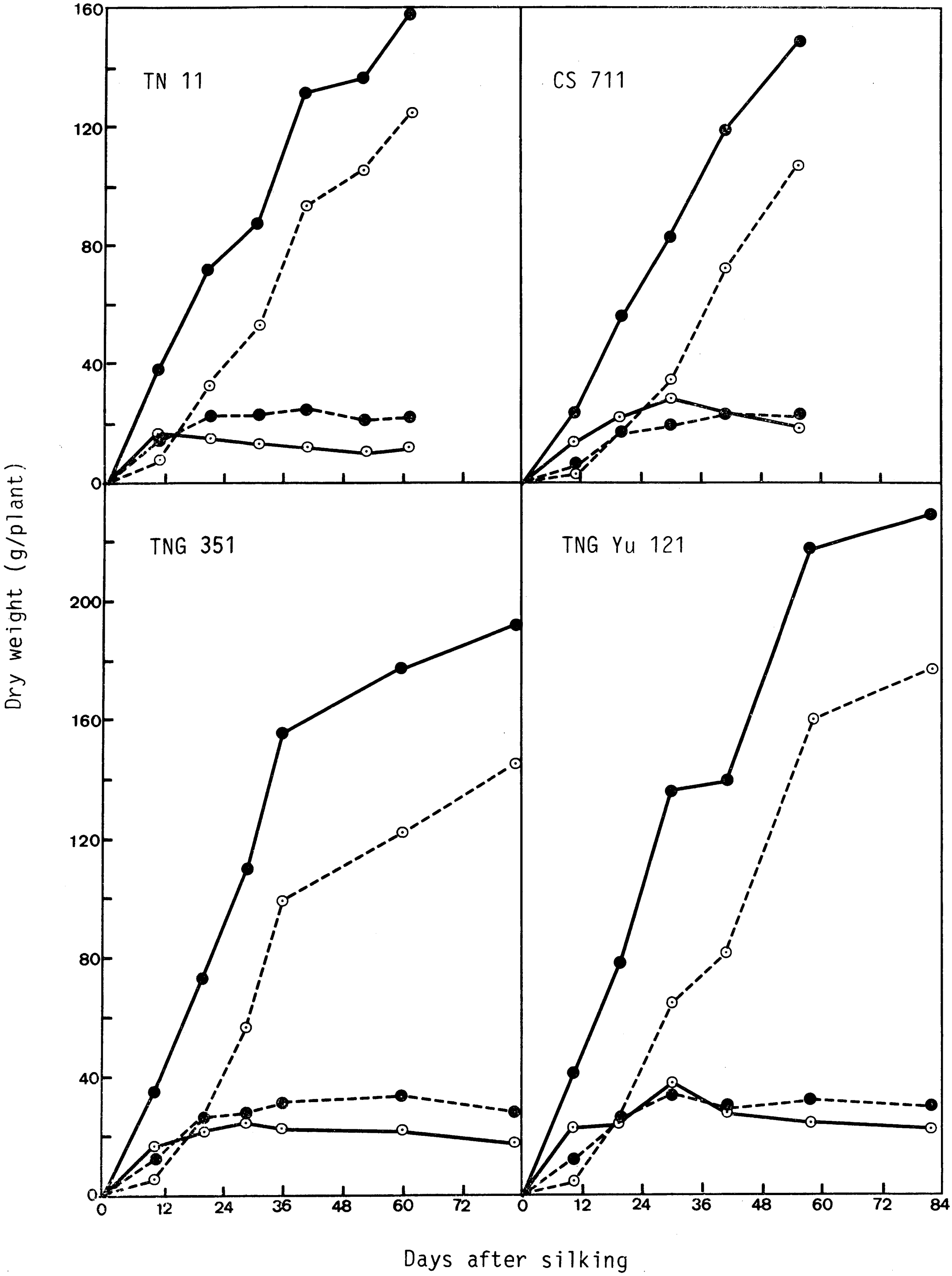

Fig. 1. Changes of dry weight of the whole ear, kernels, cob and husks of maize cultivars during reproductive growth period.

苞葉乾物重自子粒進入直線充實期起就逐漸下降，由相關係數來看，苞葉及子粒乾物重恰呈極顯著負相關（r＝－0.66**）。臺農351號、臺農育121號及 CS 711 於吐絲後約30天達到全生育期最高苞葉乾物質累績量，隨後則逐漸下降，估計至成熟時四個品種苞葉乾物重各降低了 3.9 g/plant, 6.33 g/plant, 14.18 g/plant 及 10.45 g/plant。

二、子粒乾物重

四個品種穗部上、中、下三部位及全穗子粒之乾物重在全充實期之變化示於圖2。所有品種之乾物重變化均以中、下兩部位較爲接近，兩者之相關係數介於0.98至0.99之間；與全穗子粒乾物重變化比較，也是以中、下兩部位最爲接近，尤其是接近成熟時中位子粒的乾物重明顯的高於下位，中位子粒乾重對全穗子粒乾重之相關性亦較下位爲高。四個品種均以上位子粒之乾物質累積量最低，接近成熟時上位子粒乾物質之累積速率亦逐漸減慢，不若中、下兩部位仍大量累積乾物質，惟臺農育 121號下位子粒自吐絲後60天至成熟期，乾物質之累積亦不再明顯增加。

四個品種三部位子粒乾物重在整個生殖生長期對全穗子粒最終產量之貢獻示於圖3。四個品種隨著生育日數的增加，三部位子粒對全穗子粒最終產量的貢獻均不斷升高，尤其是中、下兩部位所佔之比率明顯的較上位高出甚多。臺南11號在吐絲後52天之前，中、下位子粒對全穗子粒乾物重的貢獻幾乎相同，但由吐絲後52天至成熟期，中位子粒的百分率則較下位提高4％，成熟時上、中、下三部位對全穗子粒最終產量的貢獻分別爲18％、43％、39％。臺農351號，臺農育121號， CS 711 中位子粒對全穗子粒乾物重的貢獻分別從吐絲後36天、58天、45天開始就逐漸高於下位子粒，至成熟時上、中、下三部位對全穗子粒最終產量的貢獻分別爲臺農351號：15％、45％、40％；臺農育121號：20％、43％、37％；CS 711：12％、48％、40％ 四品種均以中位子粒對子粒總產量的貢獻最大。

三、百粒重

四個品種子粒百粒重及上、中、下三部位各別之百粒重變化示於圖4。四個品種之百粒重均自吐絲後10天起即開始直線增加；上、中、下三部位子粒各別之百粒重變化趨勢和全穗百粒重相同，其中又以中、下兩部位最爲接近。臺南 11 號在全生育期中百粒重均呈直線增加；臺農 351號在吐絲後36天之內，百粒重以極快的速率增加，但第36天之後增加的速率則減慢；臺農育121號百粒重之直線增加期延續至吐絲後58天，隨後百粒重增加速率即明顯降低；CS 711 百粒重在全生育期均呈直線增加，只有上位子粒之百粒重增加速率在後期略爲減慢。四個品種上、中、下三部位子粒各別之百粒重變化趨勢和全穗百粒重極爲相似，相關係數均高達0.99。三部位中均以下位子粒之百粒重最高，其次爲中位，上位子粒之百粒重明顯的低於中、下位及全穗百粒重。品種中以臺南11號之百粒重最高，CS 711 最低。

四、產量性狀

四個品種上、中、下三部位子粒在收穫期之一些產量特性列於表一。每株子粒數以臺農育 121號最多，高達683粒，CS 711 最低，只有427粒，臺南11號爲439.7粒， 而臺農351號則爲 567.3粒。四個品種皆以中位子粒之平均粒數最高，佔整穗粒數41—45％，下位子粒約佔整穗粒數34—36％，上位粒數最低，只佔19—25％。四個品種之百粒重以臺南11號 28.43 g爲最高，其餘三個品種則無明顯差異。三部位子粒均以下位子粒之百粒重最高，上位最低，CS 711 上位子粒之百粒重只有15.7 g，臺農351號也只有 17.6 g。收穫期平均每株子粒產量以臺農育121號最高（176.5 g/plant), CS 711 最低（107.13 g/plant），臺農351號爲 147.4 g/plant，臺南11號 124.9 g/plant；上、中、下三部位以中位子粒具最高產量，CS 711 中位子粒之產量約爲上位之4倍，差異最少者臺農育121號也有二倍，下位子粒之產量雖較中位低，但亦比上位高出甚多。

五、非構造性碳水化合物含量

四個品種上、中、下三部位子粒及穗軸在子粒充實期之非構造性碳水化合物（TNC）含量的變化列於表二。隨著生育日數之增加，子粒 TNC 含量不斷增加，其中又以中位子粒之累積量最多，下

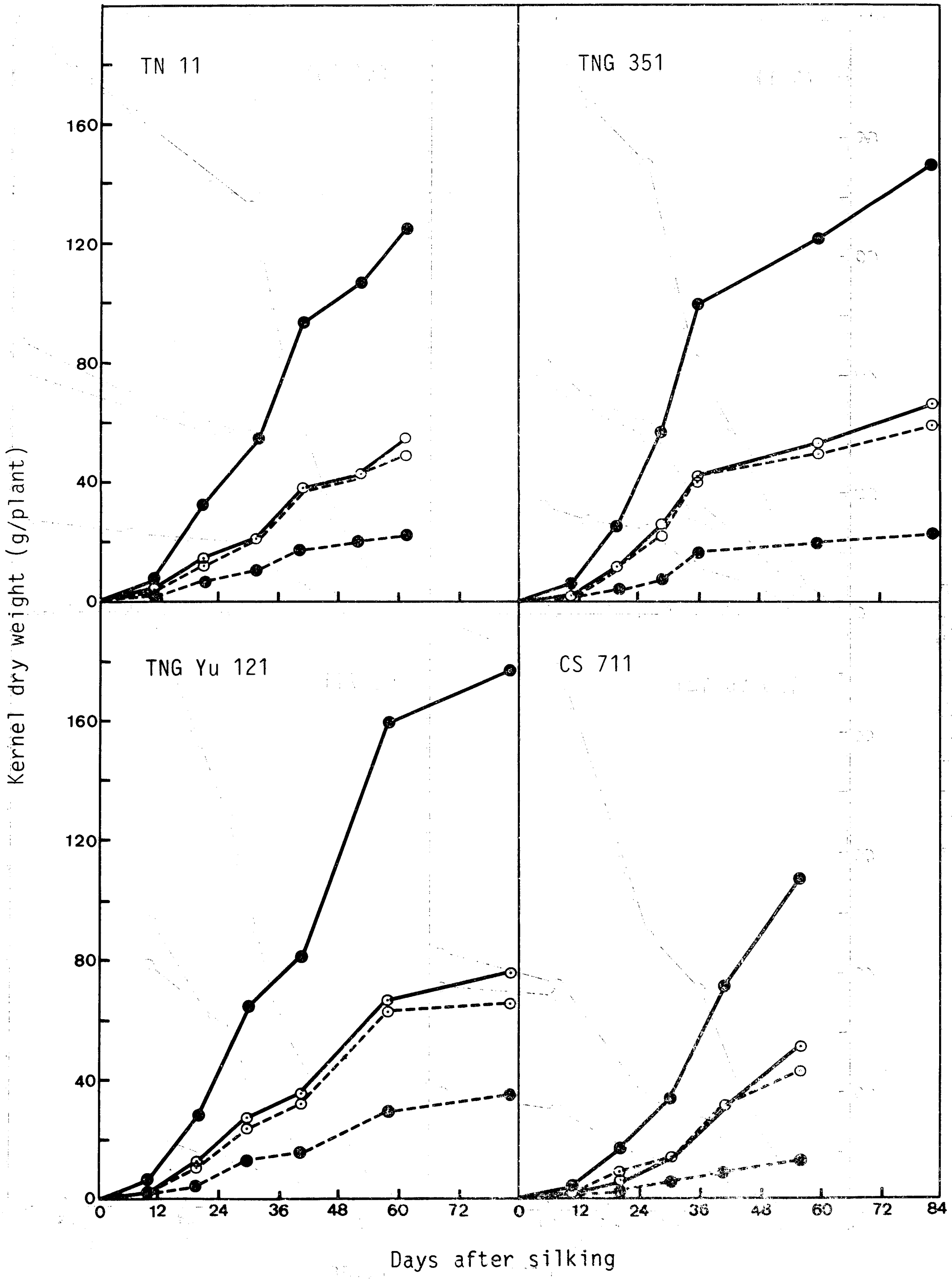

Fig. 2. Changes of dry weight of maize kernels at different parts of the ear during reproductive growth period.

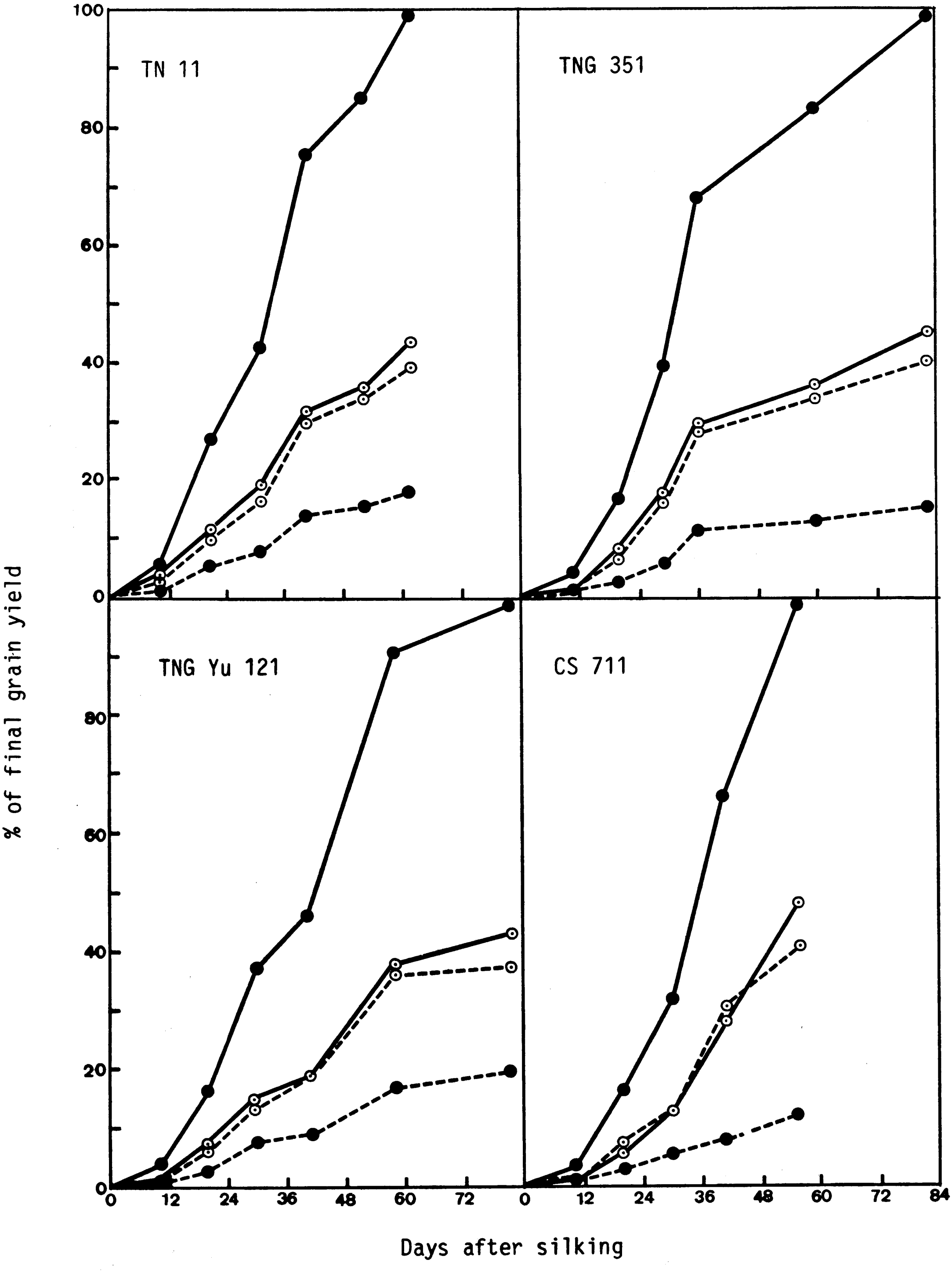

Fig. 3. Weight percentages of kernels at different parts of the ear during reproductive growth period relative to final grain yield.

●———● total kernels ; ⊙- - - -⊙ lower kernels
⊙———⊙ middle kernels ; ●- - - -● upper kernels

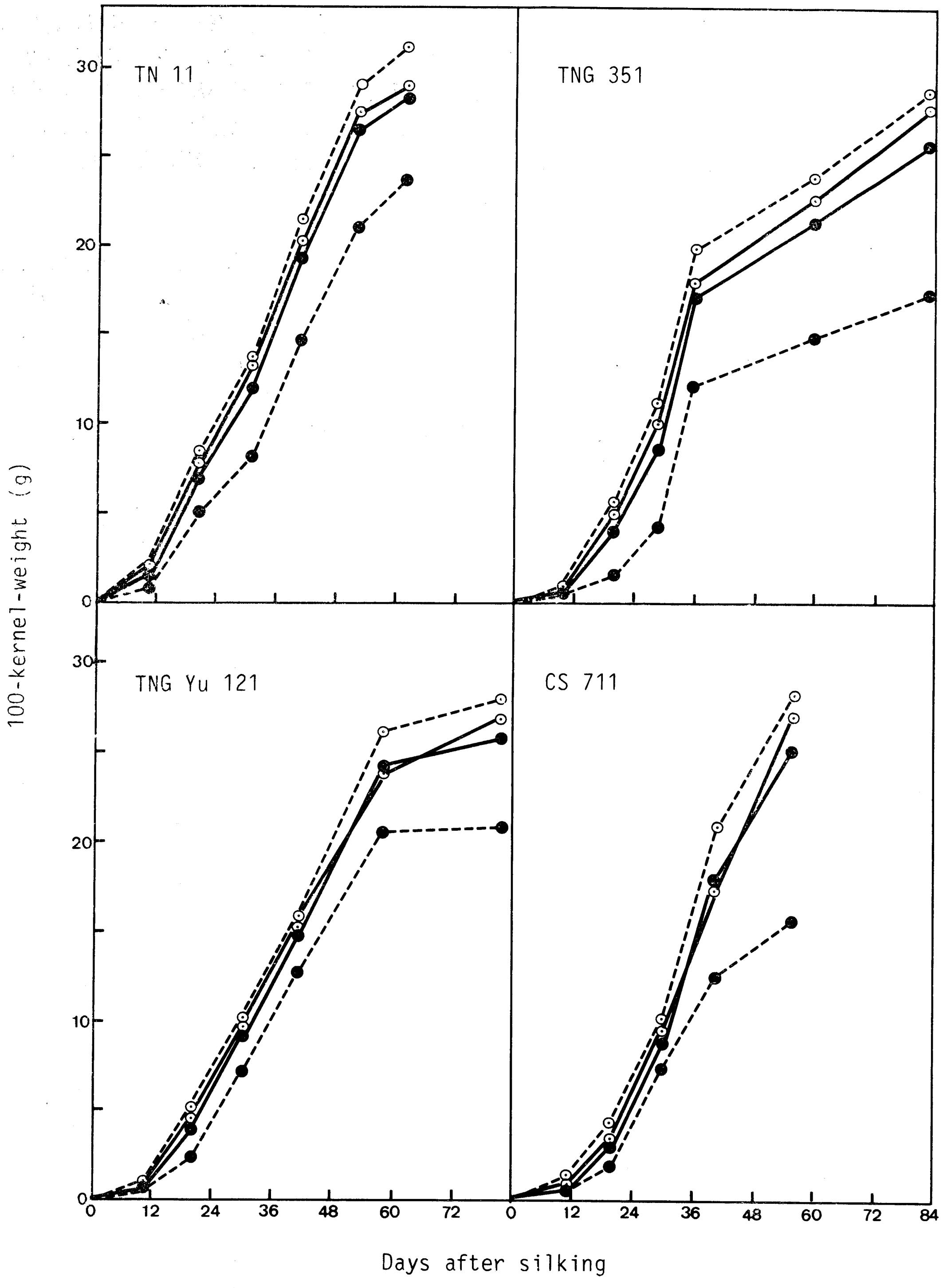

Fig. 4. Changes of 100-kernel-weight of kernels on different parts of the ear during reproductive growth period.

●——● total kernels ; ⊙------⊙ lower kernels
⊙——⊙ middle kernels ; ●------● upper kernels

位次之，上位最少。CS 711 中位子粒於成熟時累積了 39.9 g/plant 之 TNC，上位却只有 9.9 g/plant，差異甚大。四個品種以臺農育121號子粒之 TNC 含量最高，CS 711 則最低。穗軸 TNC 之累積模式和子粒不同，臺南11號自吐絲後穗軸即逐漸累積 TNC，到吐絲後21天達全生育期最高累積量 (5 g/plant)，隨後即逐漸下降；臺農351號則於吐絲後36天達到全生育期最高累積量 (7.1 g/plant)，隨後亦逐漸下降；臺農育121號及 CS 711 分別在吐絲後30天及20天達到最高量，分別是 7.4 g/plant 與 5.3 g/plant，隨後亦逐漸降低。

六、N 素含量

四個品種上、中、下三部位子粒及穗軸在子粒充實期間 N 素含量之變化列於表三。臺南11號上位及下位子粒 N 素含量於吐絲後41天即達到全生育期最高值，分別是 318mg/plant 及 649mg/plant，中位子粒由吐絲期至成熟期 N 素含量均不斷累積，成熟時達 714mg/plant；臺農 351號、臺農育121號與 CS 711 三部位子粒在成熟前 N 素之累積量均不斷增加，臺農育121號在成熟時，中、下位子粒之 N 素累積量高達 1,280mg/plant 及 1,200mg/plant；臺農351號及 CS 711 在成熟期中位及下位 N 素累積量差異較大，差異量分別是 120mg/plant 及 142mg/plant。上位子粒 N 素含量在三部位中爲最低，尤以 CS 711 最低。臺南11號及臺農351號在吐絲後20天時，穗軸有最高的 N 素含量，分別是 176mg/plant 及 294mg/plant，隨後則逐漸下降；臺農育121號及 CS 711 則在吐絲後30天達到最高 N 素含量，各爲 305mg/plant 及 212mg/plant，此後亦逐漸下降。

討 論

玉米於吐絲後開始進入生殖生長期，穗部逐漸發育，乾物質迅速累積，由圖 1 得知四個品種穗部乾物重在吐絲後 4 — 5 週內均呈直線增加； Johnson and Tanner [9] 將玉米子粒之發育分爲三個時期，即（1）遲滯期 (lag period) ，（2）子粒充實期 (kernel filling period) 及（3）平緩期

Table 1. Yield characters of maize kernels at different parts of the ear at harvest

Yield Character	Variety	Kernel Position on Ear			
		Upper	Middle	Lower	Total
Kernel Number per Plant	Tainan 11	94.0(21.4)a	187.7(42.7)	158.0(35.9)	439.7(100)
	Tainung 351	127.3(22.4)	236.3(41.7)	203.7(35.9)	567.3(100)
	Tainung Yu 121	167.3(24.5)	281.3(41.2)	234.3(34.3)	683.0(100)
	CS 711	83.0(19.4)	191.0(44.7)	153.0(35.8)	427.0(100)
100-Kernel-Weight (g)	Tainan 11	23.72(83)	28.64(101)	30.98(109)	28.43(100)
	Tainung 351	17.59(68)	27.85(107)	28.89(111)	25.92(100)
	Tainung Yu 121	20.77(89)	27.08(105)	28.00(108)	25.85(100)
	CS 711	15.70(62)	26.84(106)	28.24(112)	25.22(100)
Kernel Weight (g/plant)	Tainan 11	22.31(17.9)	53.67(43.0)	48.93(39.2)	124.91(100)
	Tainung 351	22.49(15.3)	65.99(44.8)	58.88(40.0)	147.37(100)
	Tainung Yu 121	34.69(19.7)	76.19(43.2)	65.64(37.2)	176.51(100)
	CS 711	12.72(11.9)	51.17(47.8)	43.24(40.4)	107.13(100)

[a] Numbers in parentheses are percentages relative to total.

(leveling-off period) 。遲滯期主要是進行胚乳細胞分裂，澱粉之累積則發生於子粒充實期，又稱直線充實期 (10) 。由圖 1 子粒乾物重之變化來看，從吐絲期至吐絲後10天內，四個品種子粒乾物重之增加均極有限，可知這段期間應是遲滯期，隨後才進入子粒充實期，澱粉開始大量累積於子粒，造成子粒乾物重迅速增加。 Johnson and Tanner [9] 發現子粒乾物重有90%以上是在子粒直線充實期

Table 2. Change of TNC amounts (100mg/plant) of maize kernels at different parts of the ear and cob during reproductive growth stage

Variety	Ear Component		Days after Silking[a]						
			0	11	21	31	41	52	62
Tainan 11	Kernel	Upper	—	5	49	76	141	158	184
		Middle	—	18	98	183	304	351	439
		Lower	—	16	94	162	299	349	401
		Total	—	39	241	421	744	858	1,024
	Cob		11	43	50	49	48	33	24
			0	10	20	29	36	60	84
Tainung 351	Kernel	Upper	—	4	22	61	126	158	186
		Middle	—	8	81	185	318	421	547
		Lower	—	8	79	164	308	401	490
		Total	—	20	182	410	752	980	1,223
	Cob		8	33	62	62	71	51	21
			0	10	20	30	41	58	82
Tainung Yu 121	Kernel	Upper	—	5	30	113	129	240	289
		Middle	—	7	78	204	274	542	634
		Lower	—	7	64	191	259	514	545
		Total	—	19	172	508	662	1,296	1,468
	Cob		14	32	57	74	56	50	30
			0	10	20	30	41	56	
CS 711	Kernel	Upper	—	4	17	41	66	99	
		Middle	—	4	40	98	221	399	
		Lower	—	4	51	97	231	345	
		Total	—	12	108	236	518	843	
	Cob		5	23	53	51	47	36	

[a] Days after silking were not the same for all four varieties and were indicated seperately for each variety.

所累積的，本試驗臺南11號、臺農351號、臺農育121號及 CS 711 由吐絲後第十天至成熟期爲子粒充實期，子粒所累積之乾物重佔最後子粒總乾物重之百分比分別爲93.7%，96.2%，96.6%及97%。

在遲滯期因子粒尚在進行細胞分裂，積儲能力不大，穗部之乾物質主要累積於穗軸及苞葉，造成此二部位乾物重快速增加，但進入子粒充實期之後，子粒之積儲強度遠大於穗軸及苞葉，乾物質大量

Table 3. Change of N amounts (mg/plant) of maize kernels at different parts of the ear and cob during reproductive growth stage

Variety	Ear Component		Days after Silking[a]						
			0	11	21	31	41	52	62
Tainan 11	Kernel	Upper	—	37	126	184	318	289	297
		Middle	—	93	275	422	641	610	714
		Lower	—	94	241	368	649	592	646
		Total	—	224	642	974	1,608	1,491	1,657
	Cob		48	175	176	167	132	172	89
			0	10	20	29	36	60	84
Tainung 351	Kernel	Upper	—	32	81	183	298	279	360
		Middle	—	60	235	529	745	770	1,056
		Lower	—	51	200	401	719	737	936
		Total	—	143	516	1,113	1,762	1,786	2,352
	Cob		80	222	294	272	200	195	83
			0	10	20	30	41	58	82
Tainung Yu 121	Kernel	Upper	—	41	119	258	292	421	562
		Middle	—	64	266	568	592	1,051	1,280
		Lower	—	58	225	527	560	1,179	1,201
		Total	—	163	610	1,353	1,444	2,651	3,043
	Cob		171	232	248	305	248	144	97
			0	10	20	30	41	56	
CS 711	Kernel	Upper	—	29	89	125	198	206	
		Middle	—	33	156	275	524	916	
		Lower	—	27	228	292	596	774	
		Total	—	89	473	692	1,318	1,896	
	Cob		67	100	195	212	187	149	

[a] Days after silking were not the same for all four varieties and were indicated seperately for each variety.

累積於子粒，造成穗軸及苞葉乾物重之增加減緩甚至有降低的現象。一般而言，葉片、苞葉及莖桿從吐絲後約2週起至成熟期，乾物重即顯著的下降（7），推測此時植株光合產物製造能力，已不敷子粒充實之需要，而發生供源不足的現象，此時子粒之充實尚須仰賴其他器官同化產物之轉流（7），例如苞葉對子粒產量之貢獻就極爲顯著（2），而植株同化物質之轉流主要受兩個因子影響，一是植株光合能力，亦即供源能力，一是穗部積儲容量（3）。

臺南11號在剛進入子粒直線充實期時，穗軸乾物重之增加即受到限制，苞葉乾物重則已開始下降，顯示此品種在生育早期即有供源不足現象；由表二及表三 TNC 及 N 含量的變化來看，於吐絲後2週起，TNC 及 N 大量累積於子粒，穗軸之 TNC 及 N 含量則於吐絲後三週起即逐漸減少。本研究室1983年秋作之資料（21）顯示臺南11號莖桿、穗軸與苞葉之 N 濃度於吐絲後2週起開始下降，莖桿 TNC 濃度則於吐絲後四週起開始下降，證實臺南11號於子粒充實前期即因供源不足，需由植株其他部位轉移預貯之乾物質以供應後期子粒發育的需要。

臺農351號於吐絲後10天至36天這段期間，子粒以極快的速率（3.65 g/plant-day）累積乾物質，但穗軸與苞葉之乾物質仍維持相當高的量（圖1），顯示臺農 351號在子粒充實前期沒有供源不足之現象；子粒充實後期穗軸及苞葉之乾物重雖略有降低，但至成熟期兩者之乾物重仍維持相當量，各爲27.8 g/plant 及 18.3 g/plant，而子粒充實速率却明顯的較前期降低，只有 0.98 g/plant-day，顯示臺農351號在子粒充實後期積儲容量似有不足之現象，再由表二及表三來看，穗軸之 TNC 及 N 在吐絲後60天時仍維持相當高的含量，收穫期之植株亦有60%之葉片在外觀上尚未老化，可見臺農351號積儲之不足大於供源之不足。

臺農育121號與臺農351號來自同一母本，由吐絲後10天至吐絲後60天之間，子粒乾物質之累積近乎直線增加，穗軸及苞葉之乾物重在吐絲後30天內亦不斷增加（圖1），顯示此時期供源極充足；在第30天至40天之間穗軸及苞葉之乾物重大幅降低，於此時子粒乾物質累積速率也略微降低，可能受了某種環境因子的影響，暫時有供源不足之現象，隨後供源能力恢復，子粒充實速率又回升，穗軸乾物重也略微升高。吐絲後第60天開始，植株接近成熟期，葉片功能逐漸老化，光合產物之生產減少，穗軸及苞葉之乾物重雖逐漸降低，但至成熟期仍含有相當高之乾物重，分別爲 30.4 g/plant 及 23.5 g/plant，較臺南11號高約 10 g/plant；穗軸 TNC 及 N 含量（表二及表三）各爲 3 g/plant 及 97mg/plant，亦高於臺南11號及臺農351號；此時期田間植株約有60%之葉片在外觀上尚未老化，但子粒之乾物質累積却已減緩，可能因而導致植株發生功能性老化，同化產物之轉移受到阻礙，成爲產量限制因子。

CS 711 田間植株在生育早期即有葉片黃化之現象；苞葉乾物重由吐絲後30天開始迅速下降，子粒雖以極快的速率累積乾物質，但因充實期短，子粒最終產量明顯的低於其他三個品種（表一），顯示植株有供源不足之現象。

Tollenaar and Daynard [17,19] 降低子粒充實期供源／積儲比率，結果使子粒充實期縮短；Jones *et al.* [11] 在子粒充實早期進行去葉處理，顯著的降低子粒充實速率及縮短充實期；Eghar-evba *et al.* [5] 却認爲在每穗粒數已確定後，供源之減少不會降低子粒充實速率，但會縮短子粒充實期，而使產量降低。可見 CS 711 受供源不足的影響極大，不但子粒最終產量較低，子粒 TNC 及 N 含量亦較其他品種低（表二及表三）。CS 711 穗軸乾物質之累積延續到吐絲後40天，隨後乾物重之降低不顯著（圖1），成熟期穗軸 TNC 含量爲 3.6g/plant（表二），N 含量爲 149mg/plant（表三），均高於其他三個品種，顯示 CS 711 雖有供源不足現象，但積儲容量也不大，導致穗軸有乾物質累積的現象發生。

本試驗並將玉米子粒依穗長均等分爲上、中、下三部位，測量此三部位子粒乾物重，TNC 及 N 含量的變化，以進一步探討玉米子粒之充實特性。

四個品種中位與下位子粒乾物質之累積速率幾乎相同，但上位子粒之乾物質累積速率却顯著的小

於中、下兩部位，乾物質累積量也較低（圖2），Frey[6] 之試驗有相同的結果，可能是因某些位於穗頂的花雖曾受精，但不發育，或是在早期即停止發育[4]。Tollenaar and Daynard[18] 發現從吐絲期到子粒直線充實期，頂端子粒較下位子粒之發育延遲4－5天，而在子粒剛進入直線充實期時，部分頂端子粒之乾物質累積甚至有停止的現象[16]。頂端子粒在直線充實期乾物質累積速率較低，可能â子粒容積較小[18]，由生殖生長期子粒百粒重之變化（圖4）來看，上位子粒之百粒重均較中、下位低，顯示上位子粒之容積的確較小，再加上上位子粒之每穗平均粒數也較少，遂造成乾物重顯著的低於其他兩部位，同時 TNC 及 N 累積量也較中、下位爲低（表二及表三），因此對全穗子粒最終產量的貢獻自然也降低（圖3）。

中位及下位子粒乾物質累積量（圖2）和對全穗子粒最終產量的貢獻（圖3）在子粒充實前期幾乎相同，但在接近成熟時中位子粒則高於下位子粒。Tollenaar and Daynard[18] 認爲積儲容量是由每株子粒數及子粒容積共同決定；本試驗中，下位子粒之百粒重大於中位子粒，顯示下位子粒之容積雖然較大，但中位子粒之每株粒數較下位多，足以補償子粒容積之不足而有餘，使得中位子粒之最終產量（表一）大於下位子粒，TNC 及 N 素之累積量也較高（表二及表三）。

臺農351號有明顯的穗頂不充實現象，不充實穗長佔全穗長的 18%（未發表資料），穗頂之不充實有些是穗頂萎縮不發育，或穗頂雖發育但未受精，及穗頂發育正常且受精但充實不完全，遂造成臺農351號上位子粒之粒數及粒重均顯著的低於中、下兩部位，由表一得知成熟期上位子粒之每株粒數只有中位之一半，百粒重也相當低；前面提及臺農 351號在子粒充實後期有積儲不足之現象，可能即因上位子粒之粒數及容積較低，限制了整個積儲容量。

與臺農351號屬同一母本之臺農育121號則無明顯的穗頂不充實現象，不充實穗長只佔全穗長的4%，上位子粒之粒數及百粒重（表一）也高於臺農351號，由於積儲容量增加，乾物質、TNC 及 N 累積量（表二及表三）亦隨之提高，致使臺農育121號爲本試驗中產量最高的品種。

臺南11號子粒百粒重顯著的高於其他品種，但每株粒數太少，因而限制了子粒產量（表一），根據前人之研究（5，6，17），子粒最終粒數在子粒剛開始進行直線乾物質累積時即已固定。因此在子粒生長早期供給充分之營養，以確保子粒不因粒數減少而使產量降低是非常重要的。子粒充實後期植株葉片有快速黃化的現象，似乎 N 之供應不足，子粒中 N 含量也較低（表三）。N 在植物體內扮演兩種主要角色[14]，即建立生產能力及維持光合能力；Tsai *et al.*[20] 亦認爲子粒蛋白質之累積可促進子粒發育；Below *et al.*[1] 甚至發現植株供應 N 的能力較供應光合產物之能力受到更多的限制。臺南11號或許即因植株內 N 素濃度較低，減少了每穗粒數而使產量無法提高。

CS 711 每穗粒數及百粒重均較低，積儲容量小，且供源也有不足之現象。Tollenaar and Daynard[17] 及 Egharevba *et al.*[5] 發現在吐絲後二週內供源不足會減少每株子粒數，吐絲20天之後供源不足則降低子粒重；CS 711 植株在早期即有黃化之現象，可能是 N 之供應不足，進而影響了葉片光合能力及子粒積儲容量[1]。

由以上之討論得知玉米子粒之充實特性隨著品種遺傳背景之不同而互異，本試驗所使用之四個品種以臺農育121號具最高產量潛能，但因其不抗普通型銹病，未被推廣；臺農351號與臺農育121號來自同一母本，抗病性較佳，但穗頂不充實對產量之影響頗大，根據本研究室估計，穗頂不充實若能改進，將可望提高12%之產量；臺南11號目前爲農民普遍栽培的飼料玉米之一，但其粒數未臻理想，產量潛能偏低，與 CS 711 均非理想之品種。

綜合本試驗結果，得知無論就粒數，粒重及充實速率而言，均以中位子粒之表現最佳，對產量亦最具重要性，但如能改善頂端子粒之充實特性，仍不失爲有限度提高產量的有效方法，尤以臺農 351號品種爲然，臺農351號每株子粒產量雖較臺農育121號爲低，但在吐絲後36天以前之充實速率卻較高，故以單位時間之產量觀之，仍爲優良品種。本試驗中未能確定子粒之有效充實期間的長短，可能受生育後期低溫影響，至於與產量間之關係，及如何反應產量潛能，則仍有待進一步探討。本試驗建議

積儲容量爲高產品種臺農351號與臺農育121號之主要產量限制因子，又由於非構造性碳水化合物與N素之轉流與積存似有平行關係，今後應對玉米全株乾物質之分配趨勢與效率及有關碳素與氮素之交互作用，進行更深入的研究。

引用文獻

1. Below, F. E., L. E. Christensen, A. J. Reed and R. H. Hageman. 1981. Availability of reduced N and carbohydrates for ear development of maize. Plant Physiol. 68 : 1186-1190.
2. Cantrell, R. G. and J. L. Geadelmann. 1981. Contribution of husk leaves to maize grain yield. Crop Sci. 21 : 544-546.
3. Daynard, T. B., J. W. Tanner and D. J. Hume. 1969. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn. Crop Sci. 9 : 831-834.
4. Daynard, T. B. and W. G. Duncan. 1969. The black layer and grain maturity in corn. Crop Sci. 9 : 473-476.
5. Egharevba, P. N., R. D. Horrocks and M. S. Zuber. 1976. Dry matter accumulation in maize in response to defoliation. Agron. J. 68 : 40-43.
6. Frey, N. M. 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Sci. 21 : 118-122.
7. Genter, C. F., G. D. Jones and M. T. Carter. 1970. Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems and ears of maturing maize. Agron. J. 62 : 535-537.
8. Hofstra, G. and C. D. Nelson. 1969. The translocation of photosynthetically assimilated C-14 in corn. Can. J. Bot. 47 : 1435-1442.
9. Johnson, D. R. and J. W. Tanner. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn. Crop Sci. 12 : 485-486.
10. Jones, R. J., S. Ouattar and R. K. Crookston. 1984. Thermal environment during endosperm cell division and grain filling in maize : effects on kernel growth and development in vitro Crop Sci. 24 : 133-137.
11. Jones, R. J. and S. R. Simmons. 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. Crop Sci. 23 : 129-134.
12. Schoper, J. B., R. R. Johnson and R. J. Lambert. 1982. Maize yield response to increased assimilate supply. Crop Sci. 22 : 1184-1189.
13. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41. 11pp.
14. Swank, J. C., F. E. Below, R. J. Lambert and R. H. Hageman. 1982. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. Plant Physiol. 70 : 1185-1190.
15. Tollenaar, M. 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review Maydica 22 : 49-75.
16. Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978a. Dry weight, soluble sugar content and starch content of maize kernels during the early postsilking period. Can. J. Plant Sci. 58 : 199-206.
17. Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978b. Effect of defoliation on kernel development in maize. Can. J. Plant Sci. 58 : 207-212.
18. Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978c. Kernel growth and development at two positions on the ear of maize. Can. J. Plant Sci. 58 : 189-197.
19. Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1982. Effect of source-sink ratio on dry matter accumulation and leaf senescence of maize. Can. J. Plant Sci. 62 : 855-860.
20. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1978. Relationship of the kernel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18 : 399-404.

21. Wang, C. S., S. H. Tsao and D. J. Liu. 1985. Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids. Jour. Agric. Res. China 34. (Accepted)
22. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. Soil Sci. Plant Nutr., 20(3) : 287-304.
23. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

Studies on the Characteristics of Kernel-filling in Maize[1]

S. H. Tsao, C. S. Wang and D. J. Liu[2]

Summary

Using Tainung 351 (TNG 351), Tainung Yu 121 (TNG Yu 121), Tainan 11 (TN 11) and CS 711 as experimental varieties, maize ears were harvested periodically from silking to maturity and divided into cob, husks and upper, middle and lower kernels. Changes of kernel number, kernel weight, amounts of total nonstructural carbohydrates (TNC) and nitrogen (N) as well as relative percentages of kernels to the final grain yield were determined separately for kernels at 3 different parts of the ear to investigate the kernel-filling characteristics, changes of nutrient components, causes of poorly developed kernels and the critical kernel growth period.

Results indicated that 93—97% of kernel dry weight was accumulated during the linear filling period. The rate and amount of dry weight accumulation, kernel number per plant and 100-kernel-weight for the upper ear part were all lower than those for the middle and lower ear parts, hence lowered the contribution of upper kernels to final grain yield. Degree of difference among the 3 parts of kernels varied among varieties tested. Middle ear part possessed the largest kernel number for all the varieties. Although lower ear part had higher 100-kernel-weight than the middle, the contribution to final grain yield was still lower due to smaller kernel number. Variation patterns of TNC and N amounts in kernels of the 3 ear parts during the filling period were similar to those of dry weight, with the middle part having the highest accumulation amounts, followed by lower and upper parts in this order.

Smaller kernel number caused the lower yield of TN 11. Uufilling of the ear-tip of TNG 351 limited its kernel number as well as its sink capacity. Variety TNG Yu 121, without ear-tip unfilling and sharing the same maternal parent with TNG 351, was the highest yielding hybrid in this experiment. Variety CS 711, with insufficient sink as well as source capacities, was lower for both kernel number and 100-kernel- weight. Apparently, kernel-filling characteristics of a variety were determined by its genetic background.

Results of this experiment suggested that kernels on the middle part of the ear are the most important not only for kernel number, kernel weight and filling rate, but also for the final yield contribution. Improvement of the ear-tip unfilling of TNG 351 is also effective, to a limited extent, in increasing the yield.

---

1. Contribution No. 1257 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by a grant from Council of Agriculture, Executive Yuan.

2. Respectively, research assistant, assistant agronomist and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）35 (1)：37～44 (1986)

以氣孔長度早期鑑定水稻花藥培養小株之倍數性[1]

陳治官　陳駿季　黃眞生[2]

摘要：爲辨別花藥培養第一代（AC_1S_0）幼株的倍數性，以便早期行染色體倍加處理，取兩個水稻雜交組合之 F_1 ，經花藥培養後所得 AC_1S_0 幼苗，以丙醯氰快速印模展開葉下表面，並觀察測量氣孔保衛細胞之長度。觀察氣孔的長度總共有 16.86至 31.36μm 之變域，平均長度爲 22.64μm 。然後以印模氣孔長度與 AC_1S_0成株之倍數性相對照，發現單倍體株的氣孔長度有 16.86 至 28.44μm 之變域，平均爲 20.22μm ，雙倍體有 17.67 至 31.36μm 之變域，平均爲 26.17μm ，兩者差異極顯著，證實以剛移出試管硬化後的 AC_1S_0 小株的氣孔保衛細胞長度，可以簡便而有效地辨出小株的倍數性，使單倍體小株可於早期倍加處理，以提高其在育種上的效率。

水稻花藥培養產生之單倍體在育種上的利用，近年來已有相當的進展[2,3]。理論上，利用花藥培養可迅速獲得同質的雙倍體，而縮短育種年限、節省人力、勞力及金錢[4]。花藥培養在育種年限上，若與譜系法比較，僅有一至三期作的縮短效果。若兩親遺傳背景較近且育種目標性狀的遺傳簡單，而譜系法選拔順利時，依本省「水稻品種改良長程計畫研討會」對「稻作育種程序之改進」的決議[1]，可於 F_4 成立品系與花藥培養在 AC_1S_0 順利獲得足量自然倍加之同質雙倍體進行選拔比較，也不過多花一期作。若以 AC_1S_0 無法獲得足量自然倍加之同質雙倍體，必須以人工倍加單倍體植株，且若 AC_1S_0 植株的倍數性無法早期辨認，必須延至下世代才能施以倍加處理，將使花藥培養在縮短育種年限上的功效大爲降低。目前本省水稻花藥培養在 AC_1S_0 獲得同質雙倍體小株佔全體成活小株之37.52 %，其餘佔多數（60.76%）的單倍體[2]，棄之可惜，欲倍加處理却增加作業的繁雜及困難。解決此一問題最佳的方法是在不減少誘導成活小株的比例下提高 AC_1S_0 雙倍體的比例。其次是在 AC_1S_0 早期，甚至是試管內尚未移出時，以簡便的技術判定其倍數性，以便即時倍加處理，爭取時效。

多數植物的性狀常隨其染色體之倍數性而有顯著的差異[14,15]，水稻的雙倍體與四倍體在株高、葉長、葉寬、葉厚、穎花長、穎花寬、氣孔細胞之縱徑及橫徑，花藥表皮細胞長與寬、花粉半徑、花粉母細胞大小、細胞核直徑及核仁直徑皆隨倍數增加而增加，但穗數、一穗穎花數、穗長、氣孔頻度則相反[9]。單倍體與雙倍體的比較，在 *Oenothera rubricalyx*[5], *Lycopersicum esculentum*[8], *Hordeum distichum*[16], *Nicotiuna rustica*[6], *Triticum monococcum*[10] 等之外表性狀或各種細胞之大小亦與倍數性呈正相關。水稻單倍體一般較雙倍體株矮、穗小、穎花小、葉小、不結實（田間觀察），但花藥培養所得 AC_1S_0 之小株，於早期以株大小來判斷其倍數性的正確性很低（未發表），不具實用價值。本試驗乃觀察比較由試管移出 7—10天小株之氣孔保衛細胞之長度，與其成株性狀對照，期以建立早期判定小株倍數性的簡易技術，以供 AC_1S_0 雙倍體小株比例未提高之前，爲倍

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1258 號。

2.本所農藝系助理研究員、助理及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

加單倍體之用。

材料與方法

本試驗材料系本所農藝系稻作研究室之雜交育種材料，即兩個雜交組合之 AC_1S_0 小株。雜交組合之一爲臺農糯育 2 號///臺農67號／臺農育8933號／嘉農育252號////臺農育8023號／臺農67號[5]/Tetep 之複交，代號 3211；另一爲臺農育667號／臺農69號之單交，代號5144。由組織培養室培養 F_1 花藥至形成綠苗（AC_1S_0）健化後，由稻作研究室移植至田間或溫室栽培管理。此兩組之 AC_1S_0 小株由試管移至培養土，在生長箱內健化後（移出10天後），轉移至溫室生長，並隨即以丙醯氰（Cyano-acrylate，日本 Alpha Techno 出品之 Alteco-Ace, Type EE）塗於供試材料之葉中部之下表面，待 5 —10秒丙醯氰硬化後，以透明膠片將此聚合硬化之丙醯氰薄膜黏起，貼至載玻片上，完成取樣工作。樣品以900倍（15×60）顯微鏡觀察，以微量尺（Micrometer） 測量印模（impression）上氣孔保衛細胞最大縱徑之長度（μm 爲單位），爲氣孔大小之觀測值。每一小株由不同的 3 片葉子各取一個樣本，每樣本逢機觀察度量10個氣孔保衛細胞印模之長度。每小株定位編號，於溫室生長二至三週後，移植至田間生長。至抽穗後觀察植株穗及穎花之大小及結實與否來判定其倍數性。植株矮小、葉細短、穗小直立、穎花小巧、不結實者，判定爲單倍體。植株較大，穗及穎花與正常相似，有結實者判定爲雙倍體。由此判定之倍數性再與氣孔保衛細胞長度一一對照歸類成單倍體及雙倍體之氣孔大小，再比較其差異顯著性。由3211組合計取45株，135個樣本；5144組合計取50株，150個樣本。兩組合中無法判定倍數性的植株共約有 4 %，其資料不包括於上述取樣中。

結　　果

供試兩組合之 AC_1S_0 小株於早期觀察測量氣孔（保衛細胞）長度，結果如表 1 。表中（Total）行爲全部植株未分類之前的合計。3211組合之氣孔長度分布於16.86至 31.31μm 之間，平均爲22.57 μm ，變異係數爲 31.30%；以小株的平均值爲單位所做的頻度分佈如圖 1 所示，有兩個較明顯之尖峰，一在17.5至 20.5μm 之間，另一在 25.5 至 28.5μm 之間。以葉片平均爲單位的頻度分布，變

表 1. 花藥培養 AC_1S_0 小株及判別不同倍數體後之氣孔大小之變域、平均和變異係數。

Table 1. Range, mean and c. v. of stomatal size of the AC_1S_0 plantlets and after the identification of ploidy.

Cross combination	Ploidy	Obs. no.	Range [2] (μm)	Mean (μm)	C. V. (%)
3211	Total [1]	45	16.86—31.31	22.57	31.30
	n	28	16.86—28.44	20.07	21.43
	2n	17	20.86—31.31	26.68	16.54
5144	Total	50	17.25—31.36	22.73	28.52
	n	28	17.25—27.44	20.40	21.81
	2n	22	17.67—31.36	25.70	18.79

1) Before the identification of ploidy.

2) As an averange of 30 stomata in 3 leaves per plantlet,

域較大，而於17至 21μm 之間有顯著尖峰分布（圖1）。5144 組合之小株氣孔長度分布於17.25至31.36μm 之間，平均爲 22.73μm，變異係數爲28.52%。以小株平均爲單位的頻度分布如圖2所示

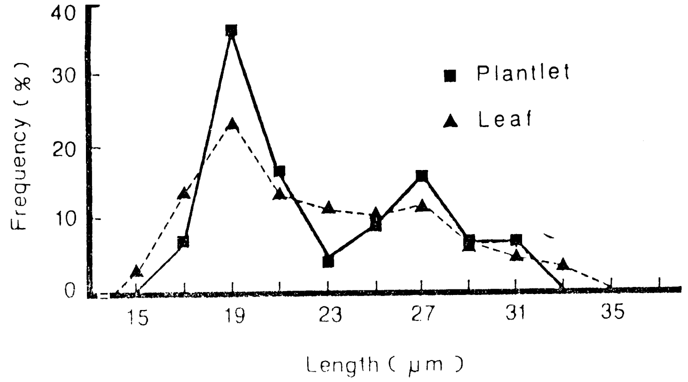

Fig. 1. Distribution of mean stomatal size per plantlet and of those per leaf (broken line) in the AC_1S_0 of anther cultured multi-cross 3211 hybrid.

圖1. 複交組合3211之花藥培養 AC_1S_0 小株，分別以小株爲單位和葉片（點線）爲單位之氣孔大小之分布。

，亦有兩個較明顯之尖峰，一在 17.5至 20.5μm 之間，另一在24.5 至 27.5μm 之間，與3211組合之分布相當類似。但以葉片平均爲單位的頻度分布則無顯著之尖峰分布（圖2）。

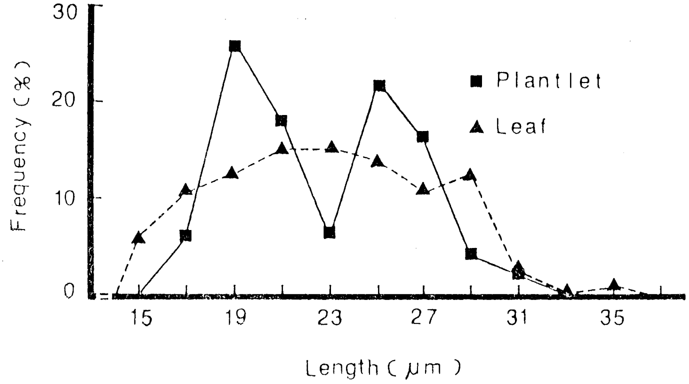

Fig. 2. Distribution of mean stomatal size per plantlet and of those per leaf (broken line) in the AC_1S_0 of anther cultured single-cross 5144 hybrid.

圖2. 單交組合5144之花藥培養 AC_1S_0 小株，分別以小株爲單位和葉片（點線）爲單位之氣孔大小之分布。

AC_1S_0 植株依照外表形狀之特徵，歸類於單倍體及雙倍體二羣。各組合單倍體及雙倍體之氣孔長度之變域、平均值及變異係數如表1。3211組合裏，單倍體計有28株，其氣孔保衛細胞長度變域爲16.86μm 至 28.44μm，平均爲 20.07μm、變異係數爲21.43%；雙倍體計有17株，其氣孔保衛細胞長度變域爲 20.86μm 至 31.31μm，平均爲 26.86μm、變異係數爲16.54%，其頻度分布如圖3所示。其中單倍體的氣孔保衛細胞長度在 18μm 至 22μm 所佔的比例最高，爲 60.71%。雙倍體者在 24μm 至 28μm 所佔的比例最高，爲 41.17%，其次爲 30μm 至 32μm 者，爲 29.41%，分布較趨常態（圖3）。與未分類前之頻度分布（圖1）比較，單倍體之主峰與雙倍之主峰正與圖1之

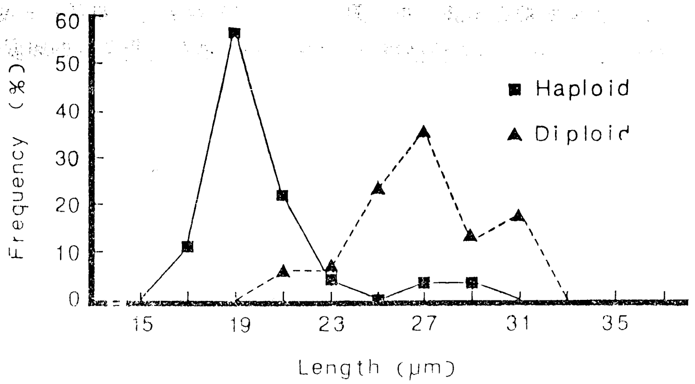

Fig. 3. Distribution of mean stomatal size per plantlet in haploid and diploid from anther culture of the multi-cross 3211 hybrid.

圖3.複交組合3211之花藥培養之單倍體及二倍體小株之氣孔大小之分布。

兩個尖峰相符。5144組合裏單倍體計有28株，其氣孔保衛細胞長度變域爲 17.25μm 至 27.44μm，平均爲 20.40μm 、變異係數爲21.8%；雙倍體計有22株，其氣孔保衛細胞長度變域爲 17.67μm 至 31.36μm ，平均爲 25.70μm ，變異係數爲18.79%，其頻度分布如圖 4 所示。其中單倍體氣孔保衛細胞長度在 18μm 至 22μm 所佔的比例最高，爲53.57%，分布亦如3211者呈左傾；雙倍體者在 24μm 至 28μm 頻度集中，所佔比例爲40.9%，分布亦較單倍體者趨於常態。與未分類前之頻度分布（圖 2）比較，單倍體之主峰與雙倍體之主峯亦與圖 2 兩個尖峯相符。

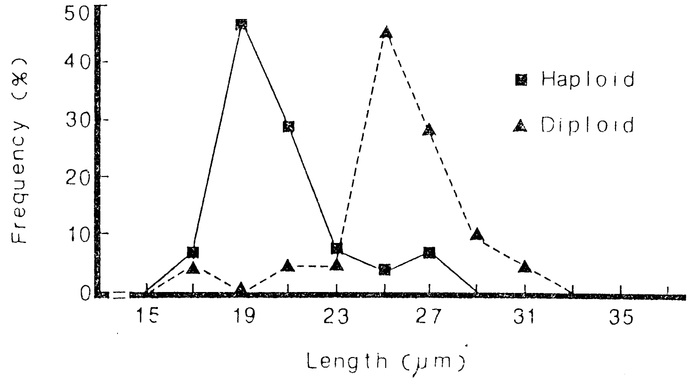

Fig. 4. Distribution of mean stomatal size per plantlet in haploid and diploid from anther culture of the single-cross 5144 hybrid.

圖4.單交組合5144之花藥培養之單倍體及二倍體幼株之氣孔大小之分布。

花藥培養小株氣孔長度之變方分析結果如表 2 及表 3 。由 F 測驗得知，供試之兩組合，無論是單倍體之間、雙倍體之間或單倍體與雙倍體之間，皆有極顯著的差異。又二組合都有同樣之趨勢，即單倍體之間及雙倍體之間的均方皆較小而接近，且單倍體及雙倍體之間的均方則遠大於上二者。同時兩組各相對均方值亦接近。

表2.複交組合3211花藥培養 AC_1S_0 小株之氣孔大小之變方分析。

Table 2. Variance analysis of stomatal size of the AC_1S_0 plantlets from the multi-cross 3211 hybrid.

S. V.	D. F.	S. S.	M. S.	F value
Among plantlets	(44)	2196.259	49.914	8.815**
Among haploid (n)	27	499.690	18.507	3.268**
Among diploid (2n)	16	311.638	19.477	3.440**
Between n & 2n	1	1384.930	1384.930	244.599**
Error	90	509.583	5.662	
Total	134	2705.842		

**p=1%.

表3.單交組合5144花藥培養 AC_1S_0 幼株之氣孔大小之變方分析。

Table 3. Variance analysis of stomatal size of the AC_1S_0 plantlets from the single-cross 5144 hybrid.

S. V.	D. F.	S. S.	M. S.	F value
Among plantlets	(49)	2057.801	41.995	5.207**
Among haploid (n)	27	536.673	19.876	2.464**
Among diploip (2n)	21	481.840	22.944	2.845**
Between n & 2n	1	1039.287	1039.287	128.865**
Error	100	806.490	8.064	
Total	149	2864.292		

**p=1%.

討論與結論

水稻接近抽穗期前，似可由株高、葉長、葉寬，抽穗後可由穗及穎花大小結實率辨出單倍體或雙倍體等倍數性。早期觀察細胞的大小或可辨出單倍體小株。植物葉片上的氣孔可用矽橡膠 (Silicon rubber)[19] 或類似物質之丙醯氰以印模方式取得可觀察的模型，而對植株不構成傷害。取樣相當便捷而可在低倍顯微鏡下迅速完成觀察。本試驗採用此法觀察由試管移出健化中之小植株氣孔保衛細胞之長度。雙倍體者的平均為 26.17μm ，與 Majima 觀察水稻品種「旭」的 27.4897μm[9] 相當接近，但 Oka 觀察53個水稻品種，測定氣孔的大小平均為 20.57μm[11]， Tsunoda 引用 Terao 和 Yamashita 的測定值是 19.1—20.4μm 之間[17]，與本試驗的觀察值差異甚大，可能是量度的範圍不同所致。本試驗所度量的長度是保衛細胞的外圍最大縱徑。至於單倍體方面，尚未有資料可供比較，本試驗測得單倍體氣孔之平均長度為 20.2μm 。經統計分析結果證實在兩個組合裏，單倍體與雙倍體小株的氣孔保衛細胞長度都有極顯著的差異。

單倍體間、雙倍體間的差異亦極顯著（表２、３）且以葉片測定值爲單位的頻度分布，不易明確顯示倍數性的關係（圖１、２）。此可能是環境及葉片發育過程中的差異，形成株內不同葉片的差異較大，而造成此結果。禾草類植物葉片保衛細胞的母細胞分裂成保衛細胞，其長度在整個過程中可說是一直在增加[12,18]。高粱不同葉位的氣孔密度有顯著的差異，而氣孔密度與氣孔大小呈反比，且葉上表面的氣孔較下表面的氣孔長[7]。黑小麥的氣孔頻度和大小不僅在種間有差異，同品種內葉片間及同葉之不同部位也都有顯著的差異[13]。水稻葉之上表面氣孔密度（357至543/mm^2）亦較下表面者（445至721/mm^2）爲低[17,21]，亦即上表面氣孔可能較下表面者爲大。本試驗取樣時爲小植株正在發育當中，可取樣之葉片相當有限，各小株遺傳性狀之表現尚未穩定，來自環境的、發育上的、部位上的，及遺傳上的變異均可能存在，也由於有這種可觀的變異存在，單一葉片取樣所得之資料將不易明確顯示倍數性的差異，所以同一小株上不同葉片的重覆取樣並以一株的平均值爲標準似較妥當。

由圖３及圖４之頻度分布圖可看出，單倍體與雙倍體之分布有少部分的重疊。若以 21.9μm 爲分界點，則兩組合誤辨小株倍數性的比例皆可減到最低之程度。在 3211 組合，以氣孔長度辨別，45 小株中有26株（57.78%）爲單倍體，19株（42.22%）爲雙倍體。實際上，單倍體有28株（62.22%）雙倍體有17株（37.78%）。單倍體誤辨爲雙倍體者爲３株（6.67%），雙倍體誤辨爲單倍體者有１株（2.22%），總誤辨率爲 8.89%。在 5144 組合，以氣孔長度辨別，50小株中有24株（48%）爲單倍體，26株（52%）爲雙倍體。實際上，單倍體有28株（56%），雙倍體有22株（44%），單倍體誤辨爲雙倍體者有５株（10%），雙倍體誤辨爲單倍體有１株（２%），總誤辨率爲12%。據此，以氣孔保衛細胞長度於早期就 AC_1S_0 個體予以選別，將氣孔保衛細胞較長之小株移植至田間繁殖，當可減少單倍體在田間所佔的空間而減少管理上的浪費，且提高田間雙倍體比例，例如 3211 組合應該有 84.21%；5144組合有80.76%，較全數移植本田之37.78%及44.00%高出約一倍。另一方面，早期選別出來的單倍體小株可立即於實驗室內進行倍加處理，如此在控制較佳的環境裏，可望獲得較佳的處理效果，而可於最短期間內繁殖所須的種子量，以供系統繁殖及各種檢定之用。

本試驗兩個組合間的各類觀察數據相當接近（表１）。如3211組合之單倍體，其氣孔保衛細胞長度爲16.86至 28.44μm，平均爲 20.07μm，變異係數爲21.48%；與5144組合之單倍體氣孔保衛細胞長度爲17.25至 27.44μm，平均 20μm，變異係數21.81%相當接近。此種結果可能與供試兩個組合之遺傳背景比較接近有關。若以不同遺傳背景的材料來觀察，則氣孔的長度將可能有所差異，當然辨認單、雙倍體的標準（如本試驗推定之 21.9μm）亦將有所不同；因此在應用上，不同組合的 AC_1S_0 小株應依各組合之頻度分布來加以劃分，較爲妥當。

本試驗採用的印模材料乃內醯氰，使用前爲液狀，接觸物體及空氣後，以物體或空氣中的水分爲催化劑，於短時間內凝固成爲硬膜。故與葉表面密切接觸，無變形之慮，且可保存較長時間。因其瞬間强力接著之特性，使用時應注意勿讓其接觸皮膚或黏及他物。近年來有氣孔觀察專用之顯微鏡於田間直接觀察並拍照，此顯微鏡已有40×10之倍率，唯易受蒸散水份沾矇[20]，但仍不失爲相當有潛力的辦法。

以上印模法應用於觀察水稻花藥培養 AC_1S_0 之氣孔保衛細胞長度，而以同株不同葉取樣之氣孔長度平均值來辨別小株是否單倍體或雙倍體，有相當高的信賴度，使用 21.9μm 爲分界點可獲得最低誤辨率（低於10%）。在水稻花藥培養 AC_1S_0 雙倍體株比例尚無法提高或試管內辨別倍數性之技術未發展成功之前，欲早期辨認水稻花藥培養小植株的倍數性，篩選單倍體以儘早進行倍加處理及提高移植本田之 AC_1S_0 雙倍體之比例，以提高水稻花藥培養在育種上的利用效率，本方法似具有相當的實用價值。

引用文獻

1.省農林廳・1982・水稻品種改良長程計畫研討會紀錄。省農林廳71近產字第06790號函。

2.省農業試驗所・1983・稉稻抗病抗蟲育種。省農業試驗所七十二年年報，pp. 3-11。

3.黃眞生、蔡新聲、陳治官、卜瑞雄、陳正昌、曾東海、鄭清煥、林永信和吳淋芬・1985・花藥培養於水稻育種之應用。中華農業研究 34：391—401。

4.蔡新聲・1980・花藥培養單倍體植物之形成及應用。科學農業 28：379—396。

5. Gates, R. R. and K. M. Goodwin. 1930. A new haploid *Oenothera*, with some considerations on haploid in plants and animals. Jour. Genet. 23 : 123-156.

6. Kostoff, D. 1938. Studies on polyploid plants. XXI. Cytogenetic behaviour of the allopolyploid hybrids *Nicotiana glauca* Grah. X *N. langsdorffii* Weinam, and their evolutionary significance. Jour. Genet. 37 : 129-209.

7. Liang, G. H., A. D. Dayton, C. C. Chu and A. J. Casady. 1975. Heritability of stomatal density and distribution on leaves of grain sorghum. Crop Sci. 15 : 567-570.

8. Lindstrom, E. W. and L. M. Humphrey. 1933. Comparative cytogenetic studies of tetraploid tomatoes from different origins. Genetics 18 : 193-209.

9. Majima, I. 1940. Observation on some characters of tetraploid rice plant. Jap. Jou. Genet. 16 : 190-191 (in Japanese).

10. Nordenskiold, H. 1939. Studies of a haploid rye plant. Hereditas 25 : 204-201.

11. Oka, H. I. 1954. Studies on tetraploid rice. III. Variation of various characters among tetraploid rice varieties. Jap. Jour. Genet. 29 : 53-67 (in Japanese).

12. Palevitz, B. A. 1981. The structure and develpment of stomatal cell. *In* Stomatal physiology. (Ed. by P. G. Jarvis and T. A. Mansfield). Cambridge University Press.

13. Sapra, V. T., J. L. Hughes and G. C. Sharma. 1975. Frequency, size and distribution of stomata in *Triticale* leaves. Crop Sci. 15 : 356-358.

14. Takenaka, Y. 1943. On relationship between polyploid and size of the organs, especially of the stomata. Jap. Jour. Genet. 19 : 21-45 (in Japanese).

15. Tan, G. Y. and G. M. Dunn. 1973. Relationship of stomatal length and frequency and pollen-grain diameter to ploid level in *Bromus inermi* Leyss. Crop Sci. 13 : 332-334.

16. Tometorp, G. 1939. Cytological studies on haploid *Hordeum distichum*. Hereditas 25 : 241-254.

17. Tsunoda, S. 1984. Adjusment of photosynthetic structures in three steps of rice evolution. *In* Biology of rice. (Ed. by S. Tsunoda and N. Takahashi). Japan Scientific Societies Press, Tokyo, pp. 89-115.

18. Willmer, C. M. 1983. Development and differentiation of stomata. *In* Stomata. (Ed. by C. M. Willmer). Longman Inc., New York. pp. 18-32.

19. Willmer, C. M. 1983. Measurement of stomatal apertures. *In* Stomata. (Ed. by C. M. Willmer). Longman Inc., New York. pp. 144-150.

20. Woolley, J. T. 1983. Direct microscopic observation of stomata in the field-quick and easy. Crop Sci. 23 : 589-590.

21. Yoshida, T. and T. Ono. 1978. Enviromental differences in leaf stomatal frequency of rice. Jap. Jour. Crop Sci. 47 : 506-514.

Ploidy Identification of Rice Plantlets Derived from Anther Culture by Stomatal Size[1]

C. G. Chern, J. J. Chen and C. S. Huang[2]

Summary

Stomatal size or guard cell length of the lower leaf surface of young rice plantlets derived from anther culture was investigated by the cyanoacrylate impression method. Plantlets from two japonica rice hybrids that received anther culture were used. The guard cell length of their AC_1S_0 plantlets as a whole ranged from 16.86μm to 31.36μm with a mean of 22.64μm before the identification of ploidy. Highly significant difference in stomatal size was detected between haploid and diploid plantlets classified accroding to the morphological characteristics of adult plants in the paddy field. Stomatal size of young haploid plantlets varied from 16.86μm to 28.44μm with a mean of 20.18μm and those of diploids from 17.67μm to 31.36μm with a mean of 26.17μm. The results support the possibility of identifying the haploid plantlets from anther culture by this method and of doubling their chromosome number to obtain dihaploid for advancing rapidly the breeding cycle.

1. Contribution No. 1258 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant agronomist, research assistant and senior agronomist, respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

中華農業硏究（Jour. Agric. Res. China ）35（1）：45～56（1986）

甘藷新品系之生產能力及供作飼料之可行性研究[1]

劉　新　裕[2]

摘要：本研究以新近育成之五個甘藷新品系（C70—141、C70—245、C71—92、C71—96及C71—157）與甘藷對照品種臺農57號比較其塊根及澱粉等性狀之生產能力，另藉飼料玉米臺農 351號爲對照材料，就營養成分及多種酵素之分解速率等觀點以分析比較這五個甘藷新品系供作飼料之可行性。首先在生產能力方面，所有甘藷新品系在每公頃之地下塊根及地上莖葉產量、澱粉產量、酒精生成能力及蛋白質產量四方面都優於對照品種，其平均值各約爲甘藷臺農57號之145%、152%、152%及166%。其次在供作飼料之可能性方面，五個新品系除了上述之生產能力甚高的優點外，在營養成分上如粗蛋白質含量、粗脂肪含量及必需胺基酸之組成與濃度等方面都不如玉米臺農 351號；在澱粉消化率方面，新甘藷品系之澱粉較玉米臺農 351號之澱粉容易被三種澱粉水解酵素（1% α-amylase、1% α-+β-amylase 及 1% β-amylase）所分解，在弱酸中之分解消化速率則恰好相反；在蛋白質體外消化率或相對消化率方面，玉米臺農351號之蛋白質較甘藷新品系 C71—92 及甘藷臺農57號之蛋白質容易於被三種蛋白質複合酵素（trypsin、peptidase 及 chymotrypsin）所消化分解。

由上述之結果顯示，五個甘藷新品系單位面積之生產能力甚高，而在供作飼料之可行性方面，應與飼料玉米混合後，再添加其他之蛋白質來源及合成胺基酸等，以提高其營養及飼料效果。

甘藷（*Ipomoea batatas*（L. ）Lam.）屬於旋花科植物（Convolvulaceae），原產於熱帶美洲，是一種安定性甚大的作物。自引進本省栽種以來，由於其適應性强，生長期不長，於任何時期種植都有相當的收量及能量回收率[15,18,24]。與其他食用作物如玉米等之比較，其單位面積產量及乾物量之表現一向十分優異[5]。近年來由於甘藷品種改良及栽培管理技術之進步，不但在產量方面更爲提高，在塊根及莖葉內之重要營養成分如澱粉、蛋白質及維生素等之含量方面也增進不少[6]，此無形中提升了甘藷之生產及利用潛力，並改正了人們對於甘藷在食用或飼料利用上營養價值偏低之觀念。由動物試驗之結果顯示，以甘藷代替部分食米可延長老鼠之壽命；在人體氮平衡試驗中亦指出以甘藷代替部分膳食食米，對氮之平衡確有改善之功效[25]；另據許多學者之研究報告指出，甘藷內含之蛋白質有高度的營養價值，其重要性與馬鈴薯及穀類作物相似；甚至能顯著增强食米蛋白質或小麥蛋白質之利用效率[23,31]；此外，部分甘藷品種特別富含維生素 A 、C[6]及纖維素，對於人體健康及對抗疾病之能力都有增進作用。

甘藷之塊根及其莖葉昔日曾爲農家養豬之重要飼料[5,19]，近年來由於養豬方式趨向於大規模之專業化經營，導致完全混合飼料之全面發展。由於玉米所含粗蛋白質較多、養豬飼效較高、且較易於

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1259 號。本研究承蒙本所研究員兼嘉義分所李分所長良之鼓勵、支持與斧正，劉清博士統計分析及臺大陳建源先生胺基酸分析之協助，謹誌謝忱。

2.本所農藝系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

與其他飼料原料混合[12]，所以甘藷之飼料用途已逐漸爲玉米所取代。仔細檢討甘藷對養豬及家禽之飼養結果，有認爲與玉米近似的[3,9]有認爲只爲玉米之80%左右的[16,26]，有以爲完全不如玉米的[2,8]，鑒於甘藷在貯藏加工及部分營養價值確有不及玉米的事實[7,18,20]，要完全取代養豬飼料中之玉米成份幾乎已不可能，但若以甘藷取代飼糧中部分之玉米，或是添加適量之蛋白質、必需胺基酸、維生素及礦物質等，則其飼豬等之結果已被證實接近於全玉米飼料[1,4,10,11,13,16,17,20,22,30]，此對於甘藷之飼料利用前途將帶來嶄新的希望，對於政府推行之稻田轉作計畫，鼓勵農民轉作甘藷、玉米等雜糧作物的興趣也將有較大的誘因[27]。

本試驗以新近育成的五個甘藷新品系及臺農57號爲參試材料，就其生產潛力進行分析，並藉營養價值之比較及利用弱酸及酵素等對甘藷乾粉之分解消化能力，來評估這些新品系在當作飼料用途之可行性。

材料與方法

一、材料：

供試之五個甘藷新品系爲 C70—141、C70—245、C71—92、C71—96 及 C71—157，另以臺農57號爲對照品種。田間規劃採逢機完全區集設計，重複三次，試區行長 6m，單行區，行株距100×25cm，栽培地點爲嘉義分所農場及水源地農場二處。肥料用量每公頃施用氮素 40kg，磷酐 30kg 及鉀素 100kg。於民國72年八月底插植後，經 5 — 6 個月生育期採收塊根及莖葉。塊根收穫時每重複分別選取中等程度之塊根，供作進一步分析之用。供試之玉米材料爲臺農351號。

馬鈴薯粉及所有酵素種類則購自 Sigma 化學公司，所有酵素之單位數值如下：α-amylase (50 units/mg solid)、β-amylase(12 units/mg solid)、trypsin (14600 BAEE units/mg protein)、chymotrypsin (58 units/mg protein) 及 peptidase (100 units/gm solid)。

二、方法：

塊根乾物率之測定：將甘藷塊根製成藷簽後秤量 1,000g，放在 70°C 電氣乾燥機中烘乾24小時，依其鮮重及烘乾重量即可計算其塊根乾物率及含水率。烘乾塊根之還原醣測定：依 Somogyi 法測定之[14]。乾物塊根顆粒澱粉含量測定：依 Lachat 化學公司顆粒澱粉之工業自動測定法，於620nm波長下測之。乾物塊根粉水溶液粘度測定：配製 9 %之甘藷塊根粉水溶液，並以 Brookfield LVT 型粘度計測定甘藷各品種（系）之乾塊根粉由室溫到 90°C 及由 90°C 再冷却回室溫之粘度。乾物塊根之粗脂肪含量測定：依 Soxhlet 之裝置以石油醚萃取測之[14]。乾物塊根之粗纖維及灰分含量測定：依食品分析與檢驗方法測之[14]。乾物塊根之澱粉率測定：以 2.5%之鹽酸溶液分解乾塊根粉三小時，經 NaOH 中和後，取5ml 酸解稀釋液依 Somogyi 法先測其還原醣量，再依公式換算成澱粉含率。鮮藷澱粉率測定：由已測得之鮮藷乾物率與乾物塊根澱粉率之乘積求得。乾物塊根之總氮量及粗蛋白質測定：總氮量採用 Kjeldahl 法測定之[14]，粗蛋白質含量則以6.25乘以總氮量而得。乾物甘藷塊根及玉米磨粉中蛋白質之胺基酸組成測定：取定量（4.2400g）之參試材料粉末，經前處理水解、過濾及稀釋成 0.5ml，取 10μl 注入胺基酸自動分析儀中分析，所得結果再與定量之標準品胺基酸比較以決定其成分與濃度。弱酸對乾物甘藷塊根及玉米磨粉之分解率測定：取經三小時2.5%鹽酸迴流分解及經 NaOH 中和後之參試材料粉末溶液 5ml，依 Somogyi 法定其還原醣量，比較處理前後還原醣之差異，再除以取樣量，即可計算出分解率。1%α-amylase、1%α-+β-amylase 及 1% β-amylase 溶液對甘藷塊根磨粉及玉米粉末之分解率測定：取 1ml 之 1%α-amylase 溶液，與9ml pH5 之0.5% 甘藷或玉米粉末溶液混合後，置於 40°C 恆溫箱中24小時，後依其還原醣之前後變化量即可計算出酵素之消化分解率，餘類推。參試材料蛋白質之體外消化率測定[28]：取含 312.5mg 粗蛋白質之參試材料，使懸浮於 50ml 蒸餾水中，於 37°C 調整溶液之 pH 值至8.0，於穩定後加入 5ml pH 爲 8 之複合酵素溶液，複合酵素之種類、用量及使用法如下：Trypsin (1.6mg/ml)、

Peptidase（1.3mg/ml）及 Chymotrypsin （3.1mg/ml），每於使用前才配製並存放於冰水中。記錄加入複合酵素溶液10分鐘後懸浮液之 pH 變化值（以 x 表示之），依下列公式y=210.464−18.103x 計算體外消化率(以 y 表示之)。另以乳酪蛋白（Casein）為標準蛋白質，依同法可求得其Y值，以Y 值為100，可求得各種參試材料蛋白質試樣之相對消化率。

結果與討論

由本所嘉義分所新近育成的5個甘藷新品系在 165天的生長期中都有很高的塊根及莖葉產量，兩者的總產量有高達 67.8 mt/ha，如 C71—96 品系。所有新品系之塊根及莖葉產量都比對照品種臺農57號為高。以塊根為主的收穫指數最大的達 64.4%（C70—245 品系），該品系在另外一個試驗地水源地農場的表現更佳，其塊根產量高達 28.4 mt/ha，收穫指數為55.2%（表1）。

Table 1. Yield of tuber, stems and leaves of sweet potatoes

Lines & variety	Tuber yield (f. w. mt/ha)	Yield of stems and leaves (f. w. mt/ha)	Harvest index (%)
Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, 1984			
C70—141	22.8	16.3	58.3
C70—245	26.9	14.9	64.4
C71—92	26.3	31.8	45.3
C71—96	22.5	45.3	33.2
C71—157	21.3	25.5	45.5
TNG57	20.9	14.0	59.9
Shui-Yen-Di Station, 1984			
C70—141	20.4	22.8	47.2
C70—245	28.4	23.0	55.2

Table 2. Dry matter content and dry tuber yield of sweet potatoes

Lines & variety	Dry matter content of tuber (%)	Dry tuber yield (mt/ha)
Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, 1984		
C70—141	36.3	8.3
C70—245	33.0	8.9
C71—92	37.3	9.8
C71—96	37.9	8.5
C71—157	34.5	7.3
TNG57	28.8	6.0
Shui-Yen-Di Station, 1984		
C70—141	40.0	8.2
C70—245	35.5	10.1

五個甘藷新品系之塊根乾物率甚高，這是它的特點之一，其平均值爲 35.8%，高出臺農 57 號達 7.0%之多。在嘉義分所農場最高乾物塊根產量爲 C71—92 之 9.8 mt/ha，比對照品種高出 3.8 mt/ha 左右，新甘藷品系乾物塊根平均產量爲 8.6 mt/ha，比臺農57號高出約 2.6 mt/ha。在水源地農場甘藷新品系 C70—245 之乾物塊根產量高達 10 mt/ha 左右（表2）。

此六種甘藷品（種）系在插植 5 至 6 個月後即可採收塊根，採收後由於本省各地溫度及濕度偏高，而且塊狀鮮藷內含水率平均達65%以上，所以貯藏的時間與空間將是甘藷塊根在利用上的限制因素之一[8]。一般而言，甘藷於收穫後除部分供應市場消費及製粉加工廠利用外，其餘皆製成甘藷簽以利貯藏，惟若甘藷簽中糖分含量較高，則將不利於久貯[21]。參試甘藷之初還原醣含量平均爲 3.81%，仍嫌偏高，且其內尚含有活性不低之澱粉水解酵素[29]，還原醣量有增高之可能。所有新品系之 amylose含量在8.50—16.06%之間（表3）。而其 9%水溶液之粘度變化，除 40°C 者外，係隨溫度升高而升，這種粘度上升的現象在溫度冷却後即不再回降，此對甘藷食品加工業將是可資利用之一項特性（表4）。

Table 3. Amylose content and initial reducing sugar of sweet potatoes.

Lines & Variety	Initial reducing sugar (%)	Amylose content (%)
C70—141	4.65	8.50
C70—245	5.25	13.54
C71—92	3.27	16.06
C71—96	2.74	14.49
C71—157	3.40	14.80
TNG57	3.55	13.23
Mean	3.81	13.44

Table 4. Viscosity of 9% tuber powder solution from sweet potato chips.

Lines & Variety	Viscosity (Centipoise)				
	25°C	40°C	60°C	90°C	25°C[a]
C70—141	1.95	1.63	5.40	4.33	7.80
C70—245	1.50	1.65	3.10	9.65	32.73
C71—92	2.18	2.08	1.90	4.80	27.08
C71—96	2.33	2.15	3.90	5.38	6.00
C71—157	2.13	1.68	1.80	100.00	100.00
TNG57	1.98	2.20	2.18	44.30	100.00

[a] being cooled from 90°C

參試甘藷塊根之營養成分，含有一些能彌補食米中不足之營養素，如含有約 2.0%之脂肪，及一定量之維生素 A、B_1、B_2 及 C[6]；此外，其乾物塊根中之粗纖維含量約爲1.2%，灰分含量約爲 2.8%（表5），此對於促進體內消化及排泄功能，以及提供重要的無機鹽類如鈣、鐵及磷等以增進健康都很有助益作用[6,22]。

Table 5. Crude fiber and ash content of sweet potatoes

Lines & Variety	Crude fiber content (%)	Ash content (%)
C70—141	0.58	2.13
C70—245	1.78	2.89
C71—92	1.08	2.82
C71—96	1.42	2.99
C71—157	1.33	3.16
TNG57	0.97	2.95
Mean	1.19	2.82

新甘藷品系澱粉之生產能力甚高，這是它的另一特色，最高的澱粉產量爲 C71—92 品系之 6.8 mt/ha，所有新品系之平均澱粉產量爲 6.1 mt/ha，約爲對照品種臺農57號之152%（表6），如此

Table 6. Starch content on dry and fresh wight basis and starch yield of sweet potatoes.

Lines & Variety	Starch content		Starch yield
	%d. w.	%f. w.	(kg/ha)
C70—141	70.02 bc*	25.42	5,783 d*
C70—245	68.48 c	22.60	6,077 c
C71—92	69.51 c	25.93	6,807 a
C71—96	75.38 a	28.57	6,428 b
C71—157	71.81 b	24.77	5,264 e
TNG57	66.25 d	19.08	3,986 f

*Means followed by the same letter within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) using Duncan's New Multiple Range Test

豐富之澱粉資源，一經加工利用後，將是一種很好的碳水化合物或濃縮醣類來源[18]，所以除了供作糧食外，甘藷藉此可和玉米及其他的飼料來源相競爭。此外，甘藷尙可經澱粉水解酵素以糖化，及經酵母菌以醱酵轉化製成酒精，供作燃料之用。酒精將可能成爲未來替代石油之重要能源之一。如以1.0%之 α-amylase 溶液來糖化6個參試甘藷之澱粉，在24小時內將有平均53.8%之單糖生成能力（表11），亦即能由 1mt 之澱粉中產生 538kg 之單糖。此表示上述參試甘藷在經該酵素溶液作用後每公頃平均單糖產量爲 3.1 mt/ha。若以每 1.76kg 之單糖能生成1 ℓ 之酒精估計[32]，則所有甘藷新品系之理論公頃酒精產量約爲 1,856 ℓ，約爲對照品種之1.52倍（表7）。若依據Wiedenfeld[32]一文中澱粉與單糖之換算比例（1：0.85），則所有甘藷新品系之公頃酒精產量將爲2,932ℓ。

Table 7. Fermentable sugar yield and theoretical ethanol yield of sweet potatoes.

Lines & Variety	Fermentable sugar yield[a] (kg/ha)	Theoretical ethanol yield (l/ha)
C70—141	3,111	1,768
C70—245	3,269	1,858
C71—92	3,662	2,081
C71—96	3,458	1,965
C71—157	2,832	1,609
TNG57	2,144	1,218

[a] Produced by the hydrolysis of 1.0% α-amylase

與玉米之蛋白質含量相比，則五種新甘藷品系之蛋白質含量太低，其平均含量爲3.66%，只約爲玉米粗蛋白質含量之38.5%左右。所有甘藷新品系之蛋白質公頃產量介於 231—383kg 之間，比對照品種臺農57號顯著提高（表8），但仍低於玉米甚多。爲求達到禽畜飼料粗蛋白質含量爲14%之要求

Table 8. Protein content and yield of sweet potatoes

Lines & Variety	Protein content (%)	Protein yield (kg/ha)
C70—141	2.80 c*	231.23 bc*
C70—245	2.70 c	239.58 b
C71—92	3.50 b	342.70 a
C71—96	4.50 a	383.74 a
C71—157	4.80 a	351.90 a
TNG57	3.10 bc	186.50 c

* Means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) using Duncan's New Multiple Range Test

，必須於甘藷中加入大豆粉（其平均蛋白質含量在40%以上），藉以提高飼料甘藷之蛋白質含量。

利用胺基酸分析儀分析玉米及甘藷定量溶液中之胺基酸組成，以甘藷品系 C71—92 爲例，共得可鑑定之波峰16個（圖1），其中含量最高的是 Asparagine，最低的是 Methionine；甘藷對照品種臺農57號亦有類似的組成，但玉米臺農 351號之胺基酸組成與上述二甘藷品種(系)大爲不同(表9)。進一步比較甘藷品系 C71—92、甘藷品種臺農57號及玉米品種臺農351號胺基酸分析之結果可知，在定量的分析溶液中玉米臺農351號之總胺基酸量最高，而甘藷新品系 C71—92 及甘藷臺農57號之總

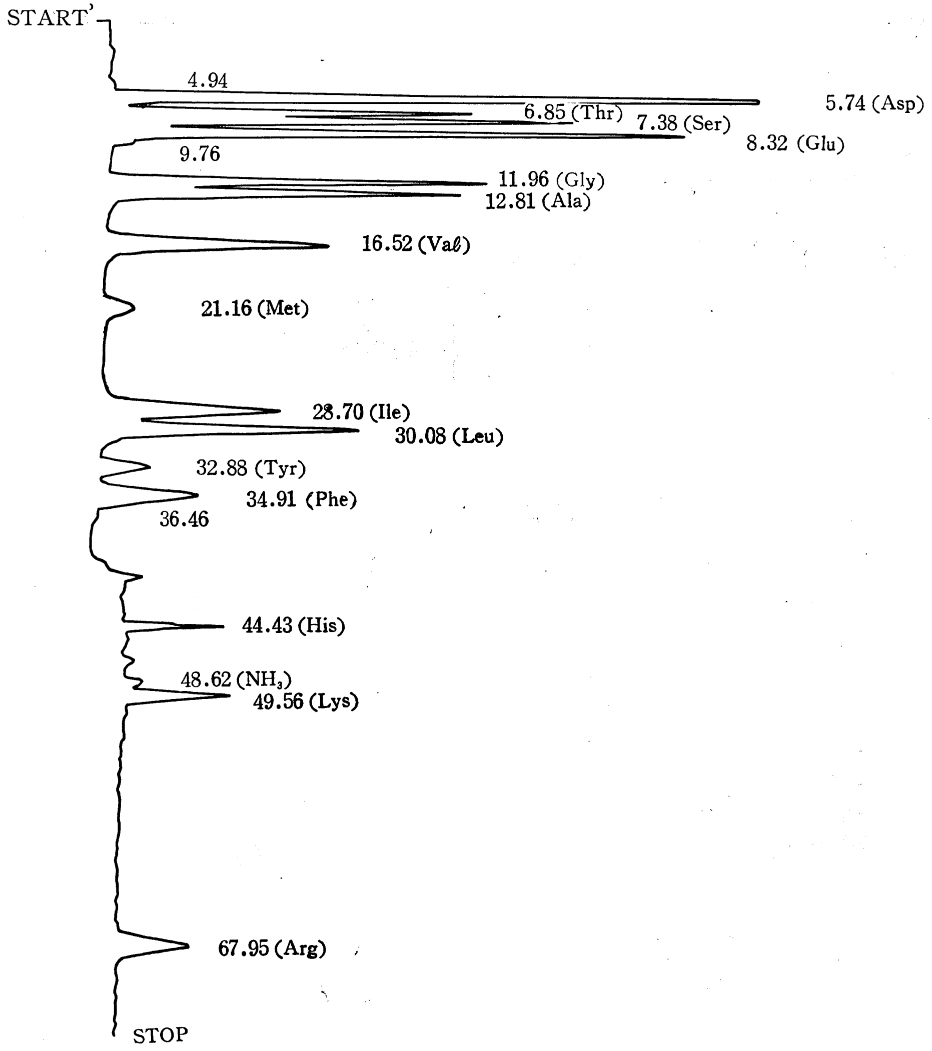

Fig 1. Amino acid composition of sweet potato line C71—92

Table 9. Amino acid composition of sweet potatoes C71—92, TNG 57 and Corn (TNG 351)

Component	Composition (%)		
	C71—92	TNG 57	TNG 351
Asp	15.33	14.56	7.83
*Thr	5.82	5.48	4.21
Ser	7.59	6.90	6.87
Glu	11.34	9.67	0
Gly	7.84	7.59	8.12
Ala	7.84	7.66	14.11
*Val	6.51	6.14	5.54
*Met	0.64	1.21	2.45
*Ile	4.88	4.40	3.17
*Leu	7.05	6.35	15.60
Tyr	2.37	2.36	3.19
*Phe	4.38	4.37	4.58
His	1.43	1.32	2.89
NH_3	9.60	9.22	14.96
*Lys	3.98	3.71	2.69
Arg	3.40	3.33	3.81

* Essential amino acid

胺基酸量各只爲玉米的27.81%及37.27%而已。檢討三者的必需胺基酸含量，兩種甘藷品種、系所有的必需胺基酸含量，都較玉米的爲低（表10）。

Table 10. Amino acid concentration of sweet potatoes C71—92 and TNG 57 and corn TNG 351

Amino acid component	Conentrarion (n mole/100 mg powder)		
	C71—92	TNG 57	TNG 351
Asparagine	3.67	4.95	6.73
*Threonine	1.39	1.86	3.62
Serine	1.82	2.35	5.91
Glutamine	2.71	3.29	0
Glycine	1.88	2.58	6.98
Alanine	1.88	2.61	12.13
*Valine	1.56	2.09	4.76
*Methionine	0.15	0.41	2.11
*Isoleucine	1.17	1.50	2.72
*Leucine	1.69	2.16	13.42
Tyrosine	0.57	0.80	2.75
*Phenylalanine	1.05	1.49	3.94
Histidine	0.34	0.45	2.49
NH_3	2.30	3.14	12.87
*Lysine	0.96	1.26	2.31
Arginine	0.81	1.13	3.28
Total	23.93	32.06	86.02

* Essential amino acid

甘藷長久以來一直是本省所固有的農產品之一，其單位面積產量遙遙領先玉米及其他雜糧作物。所生產塊根的利用途徑據估計爲73%供作家畜飼料，11%供食用，其餘的16%供食品或澱粉之加工原料[22]。近年來，甘藷在飼料的利用上爲玉米所取代，並非不具原因，由上述之結果可知，甘藷爲養豬原料之營養成分至少在三方面較玉米爲差，此即其蛋白質含量、粗脂肪含量及必需胺基酸含量三者都較玉米的爲低，各約爲玉米含量之38.5%，40.0%及33.0%左右，若能於甘藷飼料中添加油脂以提高其能量，添加大豆粉以提高其蛋白質含量及添加合成胺基酸以平衡其必需胺基酸量，則或能改善其飼料利用效率；在另一方面，有更多的報告[10,11,16,17,22]支持以甘藷取代25%之玉米後，再與大豆粉配製成粗蛋白質含量爲14%之飼料，此對其飼料效率之影響已被證明爲不顯著。

比較弱酸及酵素對甘藷及玉米之消化分解結果可知，以 2.5%之鹽酸溶液來分解參試甘藷塊根粉末，其平均分解率爲77.0%，最高的可達86.4%，所有甘藷新品系之分解率都高於對照品種臺農57號，惟都低於玉米臺農351號的分解率（88.2%），此表示在弱酸中，玉米澱粉較甘藷澱粉容易被消化(圖2)。其次，利用三種酵素溶液即1% α-amylase、1%α-+β-amylase 及 1%β-amylase來分解參試六種甘藷、玉米臺農351號及純馬鈴薯之粉末，由其結果發現，1%α-amylase 溶液、1%α-+β-amylase 溶液及 1%β-amylase 溶液對參試甘藷新品系之平均分解率分別爲53.12%、43.16%

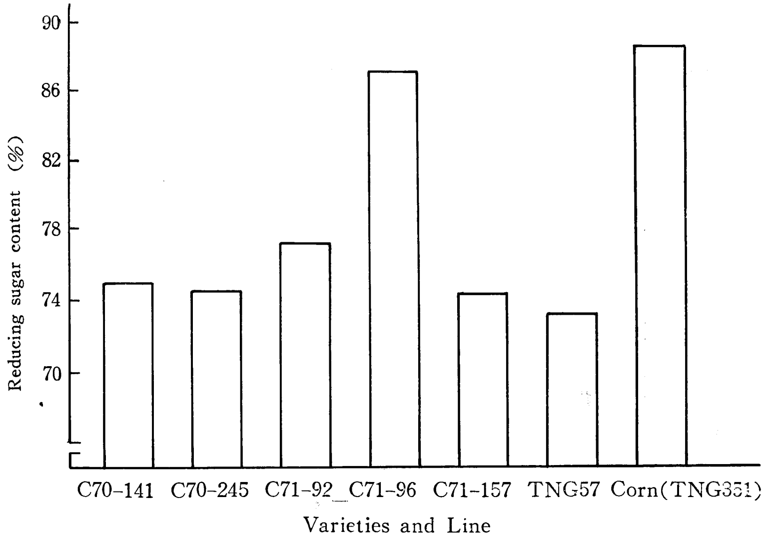

Fig 2. Acid hydrolysis (2.5% HCl) of dry sweet potato and corn powder

及50.17%，比玉米臺農351號分別高約3.57%，14.39%及10.65%。此表示在三種酵素溶液中，甘藷澱粉較玉米澱粉容易被消化。另外，馬鈴薯粉顯示最易為上述三種酵素溶液所分解，其各別之分解率為68.71%、49.26%及62.64%（表11）。

Table 11. Reducing sugar content produced by enzyme catalyzed hydrolysis of sweet potatoes, corn, and potato.

Lines & Variety	Reducing sugar content (%) produceda fter 24hr.		hydrolysis by
	1.0% α-amylase	1.0% α-+β-amylase	1.0% β-amylase
C70—141	51.59	45.07	59.83
C70—245	54.42	38.09	48.51
C71—92	55.17	47.53	49.31
C71—96	51.99	44.36	46.31
C71—157	52.45	40.75	46.88
Mean	53.12	43.16	50.17
TNG57	56.86	38.69	42.54
Corn (TNG 351)	49.55	28.77	39.52
Pure Potato starch	68.71	49.26	62.64

接著以三種複合酵素即 Trpsin、Peptidase 及 Chymotrypsin 來分解參試材料中之蛋白質成分，由作用中 pH 值每分鐘之變化值可知，甘藷新品系 C71—92之蛋白質於最初10分鐘內之酵解過程中呈緩慢而穩定之被分解狀態；而玉米臺農351號之蛋白質於最初第一分鐘內，pH 值即呈急遽下降現象，此顯示分解作用正快速進行中，其後 pH 值之下降速率漸趨和緩。Casein 之被分解情形類似玉米而更為激烈（圖3）。比較甘藷新品系 C71—92、對照品種臺農57號、及玉米臺農351號之體外

消化率可知，C71—92 較對照品種容易爲複合酵素所分解，惟二者之體外消化率都低於玉米臺農351號。玉米臺農351號之相對消化率高出甘藷新品系 C71—92 及對照品種臺農57號各約1.95%及2.16%（表12）。綜合弱酸及兩類酵素對參試材料之分解結果可知，以 C71—92 爲例之甘藷新品系只在第一類酵素（1%α-amylase、1%α-+β-amylase 及 1%β-amylase）之分解率較玉米臺農351號爲高，在弱酸或三種複合酵素溶液中之分解率都低於飼料玉米臺農351號。

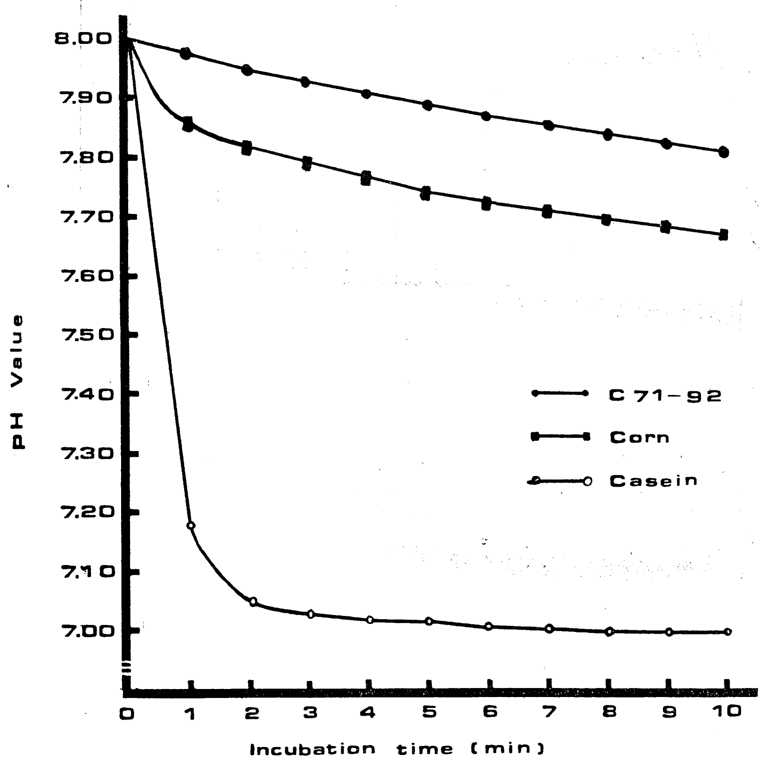

Fig 3. The curve of in vitro protein digestibillty obtained by incubation of the new sweet potato line C71—92, Corn TN 351, and Casein with the multienzyme system.

Table 12. The protein digestibility of sweet potatoes, corn and casein (in vitro)

Protein source	Protein digestibility (in vitro)	Relative digestibility (%)
Corn, TNG 351	71.80b*	85.73
Sweet potato, TNG 57	70.00 a	83.57
Sweet potato, C71—92	70.17 a	83.78
Casein	83.74 c	100

* Means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) using Duncan's New Multiple Range Test

五種新甘藷品系單位面積之生產能力甚高，將成爲一頁好的碳水化合物及蛋白質來源；在供作飼料之可行性方面，爲克服甘藷新品系中部分營養組成及蛋白質消化率較玉米爲差之缺點，應與玉米混

合後再添加適量之蛋白質源如大豆粉及合成胺基酸等，藉營養素間之互補作用以提高飼料效果。為求得進一步具體之結果，養豬試驗之進行，繼續育成高蛋白甘藷品種，與甘藷貯藏加工利用技術之改進都屬當務之急。

引用文獻

1. 王銘堪・1978・在本所利用甘藷、甘藷蔓為養豬飼料之試驗及示範成果報告・臺灣農業14：10—31。
2. 王銘堪、葉澤波、李邦淦・1979・高蛋白質甘藷簽及脫水莖葉養豬飼料配方之研究・臺灣農業15：41—61。
3. 王銘堪、李邦淦、楊榮芳・1979・高蛋白質甘藷簽取代玉米飼豬比較試驗・臺灣農業15：53—64。
4. 戈福江、葉澤波、顏宏達・1976・生甘藷、甘藷簽、甘藷蔓飼養肉豬效果試驗・中國畜牧學會誌5：55—67。
5. 何芳陔、丁一倪・1975・甘藷老蔓莖飼料化之研究・中國農業化學會誌13：15—30。
6. 李艮・1974・甘藷之營養價值・雜糧與畜產16：32—34。
7. 李邦淦、楊榮芳・1974・甘藷、大豆粉低蛋白飼糧添加離氨酸飼料補助劑飼餵肉豬發育、飼料利用率及屠體性狀影響研究・畜產研究7：9—21。
8. 李邦淦、李茂盛・1979・高蛋白甘藷簽及脫水莖葉豬飼料配方之研究・畜產研究12：49—71。
9. 李邦淦、楊榮芳・1979・高蛋白甘藷粉飼養來亨產蛋雞營養價值之研究・中華農學會報108：56—65。
10. 李邦淦、楊榮芳・1979・高蛋白甘藷及普通甘藷取代玉米飼豬比較試驗・畜產研究12：31—48。
11. 李邦淦、楊榮芳・1979・高蛋白甘藷簽飼養肉雞營養價值之研究・中華農學會報106：71—78。
12. 李邦淦、楊榮芳・1980・高蛋白甘藷與普通甘藷飼豬營養價值之比較・畜產研究13：97—112。
13. 李邦淦、楊榮芳・1980・甘藷玉米低蛋白飼糧添加離氨酸及甲硫胺酸對生長肥育豬之影響・中華農學會報 110：50—60。
14. 李秀、賴滋漢・1977・食品分析與檢驗・精華出版社。
15. 李敏雄・1985・含甘藷粉麵包之香氣改良及含甘藷泥麵包之製造・中國農業化學會誌23：133—139。
16. 林永治・1978・甘藷簽取代飼料中部分玉米飼豬效果之研究・科學農業26：139—141。
17. 林英明、沈添富・1977・臺灣產甘藷用為禽飼料價值之研討・科學農業25：342—346。
18. 吳孟謙・1979・甘藷養豬初步試驗及其展望・雜糧與畜產71：33—36。
19. 吳繼芳、黃明德、陳賜鈺・1985・生長豬飼糧中摻用甘藷簽、樹藷簽與樹藷渣營養價值之研究・中華農學會報新131：49—55。
20. 吳萬來、劉銘峰、鄭芳宋・1979・高蛋白質甘藷簽養豬試驗報告・雜糧與畜產74：15—20。
21. 洪錫欽、蘇仲卿、宋賢一・1977・甘藷高度利用之研究・中國農業化學會誌15：32—38。
22. 省立臺中圖書館・1985・甘藷品種展覽・科學知識21：89—92。
23. 楊祖馨、蔡玉吉、許金土、柯華雄、陳順文・1972・關於主食之蛋白質營養問題之研究，第一報，關於臺灣省產食米與甘藷之蛋白質含量・中國農業化學會誌5：42。
24. 張釵如・1980・栽培條件及品種對飼料用甘藷在能量利用上之影響・國立臺灣大學近業化學研究所碩士論文 P. 6。
25. 鄭心嫻・1983・甘藷塊根水溶性蛋白質之回收及理化、營養性質之研究・國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文・P. 3。
26. 顏宏達・1976・甘藷飼豬效果之研討・雜糧與畜產30：28—30。
27. 蕭素碧・1982・小麥品種改良・國立臺灣大學農藝研究所碩士論文・P. 1。
28. Hsu, H. W., D. L. Vavak, L. D. Satterlee and G. A. Miller. 1977, A multienzyme technique for estimating protein digestibility. J. Food Sci. 42：1269-1273.
29. Liu, S. Y., C. L. Liang, and L. Li. 1985. Studies on the physicochemical properties of the tubers of new sweet potato lines. J. Agric. Res. China 34：21—32.
30. Palisse, M., and I. Banaton. 1975. Cassava and sweet potatoes first carbohydrates for broilers. Nutrition Abstracts and Reviews. 45：357.
31. Purcell, A. E., H. E. Swaisgood, and D. T. Pope. 1972. Protein and amino acid content of sweet

potato cultivars. J. Am. Soc. Hort. Sci. 97 : 30.
32. Wiedenfeld, R. P. 1984. Nutrient require ments and use efficiency by sweet sorghum. Energy in Agriculture. 3 : 49—59.

Study on the Productivity of Five New Sweet Potato Lines and Their Possibility for Feed Usage[1]

Sin-yie Liu[2]

Summary

This study was conducted with five new sweet potato lines (C70—141, C70—245, C71—92, C71—96 and C71—157) and one variety each of sweet potato (Tainung 57) and corn (Tainung 351) as control group. The productivity of the five new sweet potato lines was in many aspects better than that of the sweet potato variety such as hectare yields of tubers, branches, leaves, starch, ethanol and protein. Compared to the performance of the check variety the means of the five new sweet potato lines had 45% higher tubers、branches、and leaves yield, 52% higher starch yield, 52% higher ethanol yield, and 66% higher protein yield per hectare.

Concerning their possibility as feed usage the five new sweet potato lines amounted better in dry matter content and starch yield. But their crude protein content, crude fat content and the concentrations of all essential amino acids were lower than those of the corn variety, TNG 351. The digestibility of starch of the five new sweet potato lines was higher than that of the corn variety by using three amylase solutions, i. e., 1%α-amylase, 1%α-+β-amylase, and 1%β-amylase. But the protein digestibility in vitro by testing with three protein enzymes, trypsin、chymotrypsin、and peptidase, was higher in the corn protein than in the protein of the five new sweet potato lines.

The results indicated that all new sweet potato lines had a very high and stable productivity. For the purpose of increasing their nutrition and feeding values the sweet potatoes should be mixed with corn and other ingredients such as protein、amino acids、and minerals.

---

1. Contribution No. 1259 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wu-feng, Taichung hsien, Taiwan 431, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agic. Res. China）35(1)：57～62（1986）

高温期間植物生長調節劑對愛文檬果生育之影響

歐 錫 坤

摘要：本試驗是以誘導檬果(*Mangifera indica* L.）產生不時花不時果爲目的，2年生愛文檬果共75株於花期過後，從3月至5月間每隔1個月用修剪掉半數著果的花序，使產生不同枝齡的新梢以供處理每次修剪25株。在8月下旬以 Alar, Cycocel, Ethephon, Maleic hydrazide 等各種植物生長抑制劑及硝酸鉀，每隔7天全株噴灑1次，每種藥劑處理共計15株，連續處理5次，皆無法誘致檬果新梢與不時花的產生。

另一試驗是採用相同藥劑，以灌注處理代替全株噴灑，將4年生愛文檬果12株於高溫生長時期（8月下）進行處理，每株注射 500c.c. 劑量，每處理2株，於處理後30天發現落葉，葉片出現褐斑，頂芽粘粘的呈水浸狀，頂梢枯死及注射孔流膠等藥害現象。以硝酸鉀處理者最爲嚴重， Cycocel次之， Ethephon 最輕微，除對照組（灌水 500c.c.）外，其餘各處理皆無新梢萌發之現象。灌注植物生長調節劑會改變檬果開花部位與花序形態，並使新梢變成柳葉狀。

本省檬果栽培面積已超過1萬6千公頃[3]，僅次於柑桔佔本省果樹栽培面積之第二位。而檬果花期主要集中於2月中至 3 月底開放，造成 6～7 月間果實的大量生產，若能促成檬果開不時花(off-season flowering)，將可分散產期，提高果農收入，本試驗於高溫生長期以尋求人爲有效誘導檬果開不時花的栽培技術爲主要嘗試，而不以地理位置之不同或品種之早、晚熟等來達到產期調節的目的。

據 Hapitan等氏關於菲律賓商業性檬果生產之報導：該國檬果 Carabao與 Pico兩品種一般花期在1～4月，若是植株生理狀況達完全成熟，於良好氣候條件下，一年中之任何時期均可成功地誘致檬果開花。其使用方法是：㈠薰煙：此法在菲國使用已經有55年以上的歷史，任何東西只要能生煙如舊車胎、雜草、穀殼等，在樹下燃燒，使煙連續流穿於樹葉之間6～14天左右，薰後兩星期即可誘導檬果開花。㈡化學藥劑處理：商業性催花劑— Agriblum 已被廣泛使用，全株噴射，即可獲得良好的催花效果[8]。此外最近菲律賓有人以硝酸鉀在不同時間（1月、8月、10月）噴灑葉片與頂梢7～11天後，可成功地誘導開花[6]。

在印度栽培 Langra 品種其隔年結果之現象非常明顯，當小年以 200ppm 的 Ethephon 由9月中開始，每15天處理1次，連噴5次可誘導 Langra 大量開花，較高濃度的Ethephon(500～2000 ppm)，會使處理植株造成嚴重落葉的現象[7]，植物生長抑制劑如 Alar (succinic acid-2,2 dimethy hydrazide), Cycocel(2-chloroethyl trimethylammonium chloride), CEPA (2-chloroethyl phosphonic acid), MH(maleic hydrazide)於小年使用，皆可增加花序的產生數目[10,11,13]。

在本省檬果栽培氣候條件下，如何應用園藝技術之栽培措施與植物生長抑制劑的使用，以觀察檬果於高溫生長下對這些藥劑的反應，與不時花誘導的可能性，是本試驗之主要目的。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1260 號。本研究承行政院農委會71農建—2.1—產53(6)計畫經費補助，謹誌謝忱。
2.本所園藝系助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

材料與方法

1.民國70年3月選取75株生長一致的2年生愛文檬果，在花期結束後即3月31日，4月31日及5月31日等三個不同時期，每次25株，疏去半數花序，促新梢萌發，以便進行化學藥劑之噴灑處理。果園之栽培管理按一般方法實施，於採收後與花期各施用一次5號複合肥料。

當新梢成熟轉色後於8月26日起每7天處理1次化學藥劑，計有 Alar 2500ppm, Cycocel 3000 ppm, Ethephon 200ppm, MH 1500ppm （以上四種藥劑皆為 Sigma 化學公司所出品，有效成份百分之百），KNO_3（為島久藥品株式會社出品，有效成份 99.0%以上）60g/l 等5種。每種藥劑處理15株，至9月23日止連續處理5次 。 然後每7天調查一次植株生育狀況。

2.民國72年9月26日選取12株生長一致之4年生愛文檬果，每株灌注 500c. c. 之植物生長調節劑與化學藥劑，包括 Alar 2500ppm, Cycocel 3000ppm, Ethephon 200ppm, MH 1500ppm 及 KNO_3 60g/l 等處理，對照組灌注自來水 500c. c. ， 灌注器是採用柑桔防治黃龍病灌注藥品時所使用之裝置，裝藥後以打氣筒打50下加壓，於樹幹離地面處10公分處鑽直徑2分之孔穴，以利灌注。處理後每隔14天調查1次植株反應情形。

結果與討論

一、噴灑植物生長調節劑對誘導檬果開花之反應

70年利用不同時期（3月、4月及5月），除去枝條頂花序，所培育出不同生長程度的新梢，對植物生長抑制劑的反應皆不太明顯；在菲律賓硝酸鉀處理皆會產生不時花[6,8,11]， 在本省處理之結果僅葉片寬度與長度都顯著變大，部分葉片邊緣出現藥害現象。處理後並沒有顯著的提前開花現象，至70年12月31日止只有硝酸鉀處理著2株開花。有關利用植物生長素促進果樹開花的效果，目前並沒有顯著的證據顯示植物生長素本身便是開花促進物質（flowering stimulus）組成的一部分；但是却有一些證據顯示植物生長素可以抑制假設上的開花物質之轉運，甚者可以破壞開花物質[14]。 在鳳梨栽培上花之誘導是與正在擴展中的幼葉生長中斷有關；植物生長素處理誘致開花，相同的也產生一種生長中斷（growth break）的現象[9]。 在檬果小年時利用植物生長抑制劑誘導開花之效果 Maiti 與 Sen 認為因地方而異不見得效果皆令人滿意[10]。而本試驗在高溫的生長季節中（8月26日～9月30日）用植物生長抑制劑處理，以誘導檬果開不時花，皆無明顯的效果，但可抑制新梢生長。

於3～5月間分成三次將着果之頂花序剪除一半，以促進新梢的萌發，於8月下旬始對新梢進行誘花處理，這些新梢年齡不足3～5個月是否有能力進行花芽分化呢？依 Nakasone 等人之試驗結果認為去掉頂花序之枝條所形成之次頂芽（sub-apical buds）在往後5～7個月內會再行營養生長（revegetative），在這段期間內若是營養梢（vegetative flushes）不進行花芽分化，則這些頂芽需經16～19個月以後才會再開花[12]； 而在本省生長環境下，6月份萌芽之新梢至翌年春天具有開花能力者約有85.9%（Kent）至86.6%（Keitt）[1] ，其葉片年齡約只有6～7個月而已。在發生隔年結果之枝條上，從營養梢進入開花階段需時18個月[12]； 但在本省檬果生產事業上發生的問題是開花不結果或結果不良（發生大量無子小果）[2]，而非不開花。尤其是在冬季（12月～1月）萌發之新梢，在葉片之腋芽很快就會萌出花序[4,5]，可見因地區不同枝條生育年齡與開花之關係也各殊，故菲律賓檬果生產在各不同生育時期（1月、8月、10月）可用藥劑處理成功地誘導檬果開花[6]， 而本省却無法誘致開花。

二、灌注植物生長調節劑對檬果生長與發育之影響

由於75株檬果分成三個不同時期處理（每次25株）植物生長抑制劑，連續噴灑葉片處理5次，尚看不出誘導開花之效果，故於73年9月改變藥劑之處理方式，由植株樹幹灌注藥劑代替葉片噴灑，其結果如下：

1.灌注後樹幹、枝條與葉片之反應

愛文檬果灌注植物生長調節劑後，樹幹、枝條與葉片皆發生嚴重的藥害現象，如表 1。以硝酸鉀處理者落葉、頂梢枯死最嚴重； Cycocel 次之； CEPA 最輕微。

表 1：愛文檬果灌注植物生長抑制劑與化學藥品後之反應情形

Table 1. The reponses of Irwin mango trees injected with plant growth regulators or chemical substances.

處　理 Treatment	葉片發生褐色藥斑之枝條數 No. of shoots with brown spots on leaf	頂芽呈現水浸狀之數目 No. of terminal buds with water soaking sympton	樹幹注射孔流膠之程度* Degrees of trunk with gummy exclution from injection hole	落葉數 No. of falling leaves	頂梢枯死之枝條數 No. of shoots die back
Alar 3000ppm	35	29	4	13	8
CEPA 200ppm	19	21	3	26	0
Cycocel 3000ppm	39	12	3	64	21
MH 1500ppm	31	18	4	12	8
KNO_3 60g/l	36	17	4	220	18
H_2O	0	0	0	0	0

註：2 株灌注後30天之調查情形（72年10月26日）。

*：0～4 數目愈大表示流膠愈嚴重。

在同一時期荔枝亦做相同處理，起初 3 個月皆無反應，僅硝酸鉀處理者，少數葉片出現褐斑；而 MH 處理者至73年 1 月 5 日樹冠內層葉片發生嚴重落葉現象。在本省氣候生長條件下，溫度可能是左右開花與否的主要關鍵因素之一。此一推論可由海頓對溫度的反應加以證實：當花期新梢葉腋之花序在 10°/17°C 之低溫生長條件下，生殖生長漸趨旺盛，混合花序上的葉片陸續脫落而轉變成正常花序；而在 25°/32°C 高溫生長條件下，則營養生長漸趨旺盛，混合花序的小花序漸漸萎縮脫落，而轉變成新梢 [5]。故於檬果高溫生長季中，使用取代低溫開花效果的植物生長素；或再尋求其他種類的植物生長調節劑，對誘導檬果開不時花的目標值得再嘗試。

2.葉片之生長情形

檬果硝酸鉀處理者至11月底樹幹出現49個不定芽（2 株），其中有 3 芽生長最快所萌發之葉片呈柳葉狀。至12月底 Alar 處理者樹幹發生19個不定芽； MH 處理者出現 7 個不定芽； Ethephon 與 Cycocel 處理者樹幹則生發生不定芽的現象，這些不定芽至 73年 2 月21日由於氣溫偏低多半轉變成花芽（圖2-A），除 CEPA 外 Alar、Cycocel、MH、KNO_3 等灌注處理者皆會產生柳狀葉。至73年 4 月14日萌發之新梢尚有藥效（圖 1）。

3.對開花部位與花序形態之改變

本省檬果一般於 1～4 月間開花，其圓錐花序通常着生於枝條頂端，於灌注植物生長調節劑後，花期並無提前或延後現象，與正常植株相同，但花序着生部位發生改變。着生於樹幹基部者計有：Alar、Cycocel、MH 與 KNO_3 等處理，其生育情形如圖 2-A。灌注 Alar 處理者花序除了着生在樹幹外，於枝條的中間也會發生畸形的花序如圖2-B。

灌注植物生長調節劑除了改變花序着生部位外，也會使正常的圓錐花序改變成圓球型如圖 2-C, 2-D。凡 Alar、Cycocel、CEPA、MH 及 KNO_3 處理者皆會產生圓球型的花序。

圖 1：灌注後6.5個月芽體萌發畸型的新梢 一 柳葉型

Fig. 1. Malformed shoots with willow type leaf sprouted in 6½ months after Cycocel injected treatment.

4.對產量之影響

經 Alar 與 KNO_3 灌注處理者，枝條開花皆無法着果（表 2），以CEPA處理產量最佳，MH次之。

表 2、愛文檬果經不同植物生長調節劑處理後之產量調查

Table 2. The yield investigation of different plant growth regulator treatments.

灌注藥品種類 Treatments	總枝條數* No. of shoot	枯死枝條數 No. of shoot die back	結果枝條數 No. of fruiting shoot	正常果數目 No. of normal fruit	無子果數目 No. of seedless fruit
Alar 3000ppm	47	32	0	0	0
CEPA 200ppm	29	6	8	7	4
Cycocel 3000ppm	69	36	6	1	15
MH 1500ppm	59	32	5	5	11
KNO_3 60g/l	46	29	0	0	0
H_2O	54	0	38	28	62

*：2株之調查結果。

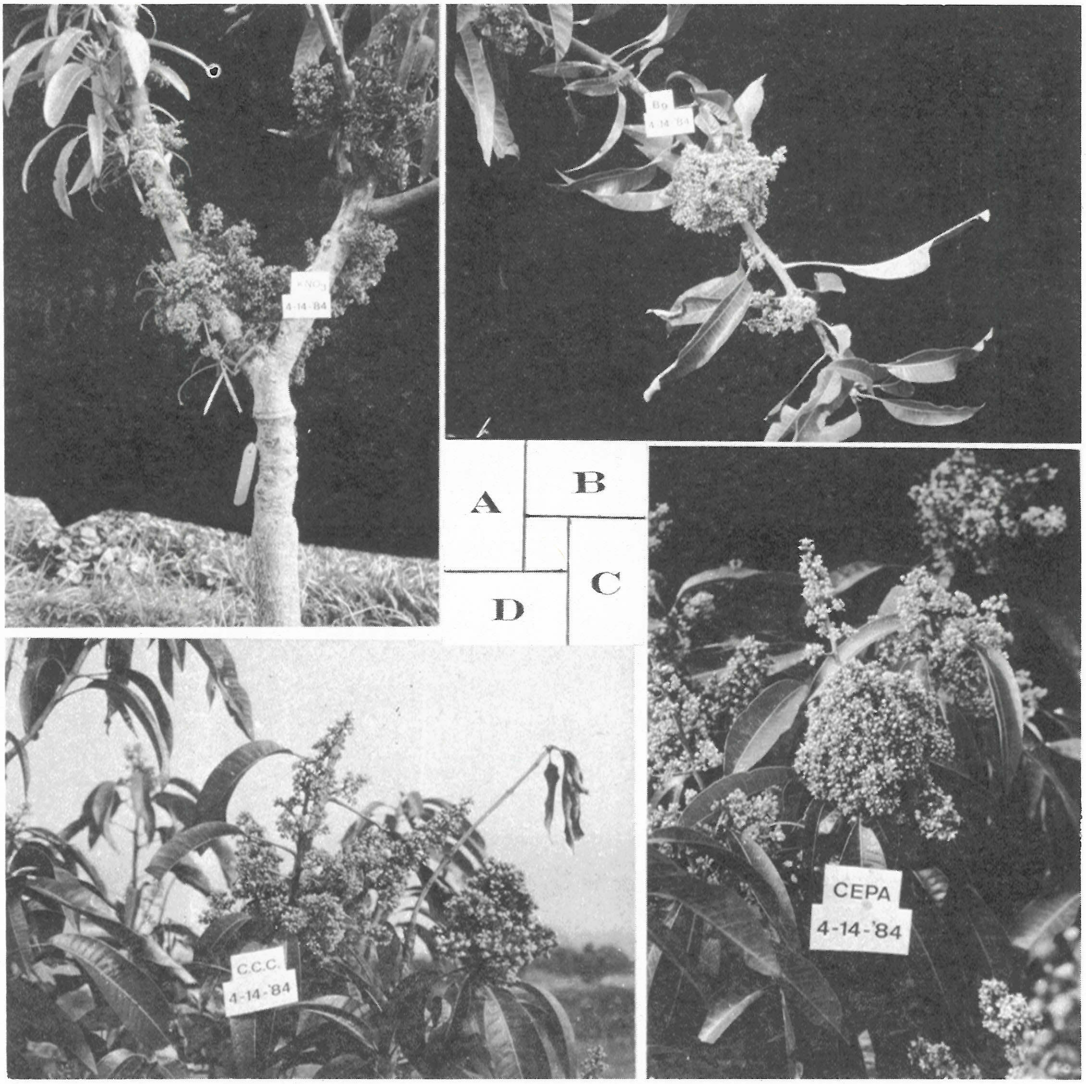

圖 2 ：灌注植物生長調節劑後，花序的着生部位（A, B）與花序的形態（C, D）皆發生改變

Fig. 2. Flower position (A, B) and inflorescence form (C, D) were changed after plant growth regulators injected.

參考文獻

1.張振宙・1964・檬果抽梢時期與翌年開花結果之關係。科學農業 12（7、8）：198～201。

2.張振宙、陳吉雄、樊莉莉・1979・玉井檬果結果不良原因之調查。中國園藝 25（4）：140～149。

3.臺灣農業年報・1985・臺灣省政府農林廳。

4.歐錫坤・1980・溫度對檬果新梢開花結果之影響。中華農業研究 29（4）：301～308。

5.歐錫坤・1982・檬果開花期間溫度對枝條生育之影響。中華農業研究 31（3）：209—214。

6. Bondad, N. D. and Ester Linsangan. 1979. Flowering in mango induced with potassium nitrate. Hort. Science 14(4): 527-528.

7. Chacko, E. K., R. R. Kohli and G. S. Randhawa. 1974. Investigations on the use of 2-chloroethyl phosphonic acid (Ethephon, CEPA) for the control of biennial bearing in mango. Scientia Horticulturae 2: 389-398.

8. Hapitan, J. C., J. R. and Bernardo S. Castillo. 1976. Mango commercial cultural in the Philippines. Agrix Publishing Corporation pp. 34.
9. Leopold, A. C. 1958. Auxin uses in the control of flowering and fruiting. Ann. Rev. Plant Physiol. 9 : 281-310.
10. Maiti, S. C., R. N. Basu and P. K. Sen. 1972. Chemical control of growth and flowering in *Mangifera indica* L. Acta Horticulturae 97(6) : 792-794.
11. Mukherjee, S. K. 1976. Current advances on mango research around the world. Acta Horticulturae 57 : 37-42.
12. Nakasone, H. Y., F. A. I. Bowers and J. H. Beaumont. 1965. Terminal growth and flowering behavior of the Pirie mango (*Mangifera indica* L.) in Hawaii. Amer. Soc. Hort. Sci. 66 : 183-191.
13. Rath, S. and G. C. Das. 1979. Effect of ringing and growth retardants on growth and flowering of mango. Scientia Horticulturae 10 : 101-104.
14. Salisbury, F. B. 1955. The dural role of auxin in flowering. Plant Physiol. 30 : 327-334.

Effect of Growth Regulators on the Flowering of "Irwin" Mango at High Temperature

Shyi-kuan Ou

Summary

The primary purpose of this study was to induce flowering for production of off-season "Irwin" mango fruits. Half of the total fruit set panicles from 75 two-year old trees were prunned from March to May once per 25 trees per month to induce new shoots of different age for spray treatments. The 5 growth regulators of alar, cycocel, ethephon, maleic hydrazide and sodium nitrate were used in experiment. The spray was done in late-August with 15 plants per treatment, repeated for 5 times at a 7 day interval. No treatmen could induce any new shoot or off-season flowering during high temperature period.

Another set of experiment was carried out with 12 four-year-old "Irwin" mango trees. Every two trees were injected with one kind of the 5 above mentioned growth regulators and water as control. The injection dosage was 500 ml per plant. Thirty days after treatment, trees appeared with injury symptoms including brown spots on leaf, leaf falling, water soaking in terminal buds, die back of shoots and gum-flowing from injection hole. Sodium nitrate caused the most severe injury following with cycocel and ethephon in order. Except the control treatment no shoots were induced.

The flower position and inflorescence form also changed after the injection of plant growth regulators and the willow type leaves were found in the induced new shoots.

1. Contribution No. 1260 from the Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Horticulturist, Department of Horticulture, TARI, Wu-feng, Taichung Hsien, Taiwan 431, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）35（1）：63～80（1986）

螺旋藻 *Spirulina platensis* 與 *S. maxima* 形態、生理與生長特性之比較[1]

劉 慧 瑛[2]

摘要：本試驗係對目前已商業化生產之螺旋藻藻種 *Spirulina platensis* 與 *Spirulina maxima* 進行形態、生理、細胞成分（一般組成、消化率、礦物質、胺基酸、色素及脂肪酸）與生長特性（生長速率、對高溫及強光之耐性）等之比較。

此二藻皆會產生直線狀突變種，而以 *S. platensis* 形態較不受環境變化所影響；該藻細胞內含有多量氣胞，具有上浮能力，體型較非洲查德湖種為大。*S. maxima* 形態與類胡蘿蔔素組成則近似墨西哥培養之 *S. geitleri*（或稱 *S. maxima*），細胞內氣胞量少，容易下沈且形態多變化。氣胞可能為 *S. platensis* 的貯藏蛋白質之一。

S. platensis 與 *S. maxima* 之 Linoleic Acid 與 Linolenic Acid 總量約占總脂肪酸含量30%以上，可作為必須脂肪酸補充食品。*S. maxima* 在室內日光燈照射培養時 β-Carotene 含量極低，而在日光下培養之藻體則含量增加。

在室溫低照度培養下 *S. maxima* 生長較快。30—35°C 16Klux下初期生長以 *S. platensis* 快，後期則 *S. maxima* 稍快。在40°C以上高溫及強光照射下 *S. maxima* 停止生長或死亡。

本省夏秋兩季氣溫高日照足，適宜栽培 *S. platensis*。春冬季氣溫低，光照弱則宜選擇 *S. maxima*。

螺旋藻（Spirulina）是近年來法國石油研究所（簡稱 IFP）所開發之食用蛋白質資源。該藻能利用簡單的無機鹽類、二氧化碳、日光與水，在熱帶與亞熱帶地區，進行旺盛的光合作用，轉換成高營養價值的生質（Biomass），且培養及回收方法簡易，可視為一種新的水耕（Water-culture）作物。事實上，在非洲Tchad湖附近居民自古以來，即以此為可供交易的農產品，稱為『地葉（Dihé）』(20)。

水耕栽培螺旋藻有如下之優點：1.不必施用農藥或添加任何生長促進激素，不污染生態環境；2.品質管制容易且安全無虞；3.栽培用水及肥料不易流失，節約資源；4.大量吸收二氧化碳，放出氧氣，淨化空氣；5.單位面積生質及蛋白質資源產量大於其它作物，充分利用日光能與熱能；6.每日均可收穫、產量平均，沒有一般農作物因季節性收穫而引起產銷失調之缺點；7.對天然災害如風災、水災、寒害等可迅速應變，損失小；8.收穫物含水量低，乾燥容易，乾燥後之成品較其它農產品比重大，

---

1 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1261 號。本文獲國科會73年度研究成果獎助。

2 本所農業化學系助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

保存容易且不影響品質；9.不擇土地條件，可利用貧瘠荒蕪地區栽培，增加可耕地面積； 10.產品極富營養價值，可作健康食品、高價飼料、食用天然色素及醫藥原料等廣泛用途[5]，經濟效益高；11.目前雖然尚在開發產品市場階段，銷售地區僅及美、日兩國，然而供不應求，預估可銷往全球，極具發展潛力等。該藻唯一要求之生長環境爲溫度高日照足地區，臺灣中南部得天獨厚適宜生產。本試驗計畫之最終目的即在於使臺灣之螺旋藻生產趨向農業化，增加土地利用價值，改進農業技術，拓展螺旋藻外銷潛力，提高農民收益。

在三十餘種有記載之螺旋藻中，以分離自非洲內陸鹼水湖泊之*S. platensis*與墨西哥 SOSA 碱業公司天然蒸發池中之 *S. maxima* 被認爲合於工業化生產條件。目前在臺灣民間所生產之螺旋藻包括 *S. platensis*與 *S. maxima*，而政府試驗機構如本所[3]、畜試所[2]及水試所[28]則以*S. platensis*爲唯一對象。此兩株藻何者較適合在熱帶地區進行大規模農業方式生產，至今並無任何有關報告。

螺旋藻細胞成分雖有多位學者進行研究分析比較，而有關 *S. platensis*與*S. maxima*形態、生理性狀、細胞組成分及生長特性等比較，則尚未有報告。 Marty[22], Laquerbe[19], Palla[24], Pelloquin et al.[25]等僅對*S. platensis*與*S. geitleri*形態及部分細胞組成分進行研究，而Yanagimoto & Saitoh則對 *S. ultramaxima*與 *S. maxima*形態、生長速率及細胞一般組成分加以比較[8,31,32]。由於形態差異、細胞營養成分品質、生理特性、生長速率及環境適應力對室外開放式生產而言均爲必須考慮之因素，因此本試驗將對此二藻種進行上述項目之比較研究，以尋求適合在國內以農業方式生產之優良藻種。

材料與方法

1.藻種來源：*Spirulina platensis* 與 *S. maxima*由前聯合工業研究所所長郝履成博士與臺大農學院院長蘇遠志博士慨贈。此二藻種均爲單藻狀態 (Uniagal) ，但非完全無菌。

2.基本培養基組成：係將Zarrouk氏培養基[33]加以修飾而得（見表 1 ）。

表 1 、螺旋藻培養基組成

Table 1. The composition of synthetic medium of Spirulina

$NaHCO_3$	8.40 g/L	$CaCl_2$	0.015 g/L
K_2HPO_4	0.25	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.01
$NaNO_3$	1.5	E. D. T. A.	0.08
K_2SO_4	0.5	A_5 Soln.	0.5 ml/L
NaCl	0.5	B_6 Soln.	0.5 ml/L
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.1		
A_5 Soln.		B_8 Soln.	
H_3BO_3	2.85 g/L	NH_4VO_3	0.023 g/L
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.81	$K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24HO$	0.096
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.22	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	0.048
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.08	$Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$	0.018
MoO_3	0.15	$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	0.044

3.藻體濃度測定：取螺旋藻培養液置於1公分或5公分寬之石英管中，測定其在560nm之吸光密度值，以$O.D_{560}$表示。

4.細胞乾重測定：取 100—250ml之螺旋藻培養液，以已秤重之濾紙過濾，再以蒸餾水充分洗滌後，在105°C下烘乾至恆量。

5.粗蛋白質測定：以Kjeldahl Method方法分析之（N×6.25）[9]。

6.灰分測定：以550°C灰化法分析之[9]。

7.粗脂肪測定：用Soxhlet裝置以乙醚抽出後分析之[9]。

8.粗纖維測定：依A. O. A. C. 粗纖維分析法分析之[9]。

9.總醣量（Carbohydrate）測定：以酚一硫酸法測定之[13]。

10.消化率（Digestibility）測定：依A. O. A. C. 方法，以2%胃蛋白酶（Pepsin）分解24小時後，分析之[9]。

11.藻藍素（Phycocyanin）測定：將洗淨懸浮於蒸餾水中之螺旋藻樣本，以Ultrasonic Co. 之Heat System Cell Disrupter超音波振盪器，將藻細胞打碎後，測定在 620及750mm之吸光密度，代入下式：

$$\text{Phycocyanin (mg.)} = 10 \times v \times f \times (O.D._{620} - O.D._{750})/73$$

〔v：溶液體積（ml.），f：稀釋倍數，吸光常數 $E^{1\%}_{1cm}$為73[10]，此測定值並未包含Allophycocyanin與Phycoerythrocyanin〕。

12.葉綠素a測定：將藻體樣本以80%丙酮抽出後，測定在 660及730nm之吸光密度，代入下式，式中葉綠素a吸光常數$E^{1\%}_{1cm}$為890[4]，

$$\text{Chlorophyll a (mg)} = 10 \times v \times f \times (O.D._{660} - O.D._{730})/890$$

13.類胡蘿蔔素（Cartenoid）測定：取藻體樣本以80%丙酮抽出後，測其在475及730nm之吸光密度，代入下式，類胡蘿蔔素吸光常數$E^{1\%}_{1cm}$為2,500[4]。

$$\text{Carotenoid (mg)} = 10 \times v \times f \times (O.D._{475} - O.D._{730})/2500$$

14.β—胡蘿蔔素（β-Carotene）之測定

測其在451及730nm之吸光密度，代入下式，β—胡蘿蔔素之吸光常數$E^{1\%}_{1cm}$為2,500[32]。

$$\beta\text{-Carotene (mg)} = 10 \times v \times f \times (O.D._{451} - O.D._{730})/2500$$

15.胺基酸組成分析：供胺基酸分析之樣本秤取 500毫克後，置於細頸試管中，加入10毫升6N鹽酸，抽成眞空後封口，置於110°C下水解24小時，經過濾及抽乾鹽酸後，加入 pH2.2醋酸緩衝液。取約含1毫克蛋白質之水解物，注入Yanagimoto Model LC-5A自動胺基酸分析儀中測定之。

16.脂肪酸組成分析：由乙醚抽出得到之油脂樣本中加入硫酸與無水甲醇混合液（1：100）完成酯化後，加水使之乳化，再以氯仿萃取酯化物，以 TRACOR 550氣相層析儀分析。測定條件為FID Detector 230°C；DEGS Column 6ft., 180°C；Carrier gas為氮氣，流速每分鐘50ml。

17.鉀鈉含量測定：以Corning Co. 之Flame Photometer 400型測定之。

18.鈣鐵錳銅鋅含量測定：以 Varian Techtron Atomic Absorption Spectrophotometer Type AA-5型測定之。

18.磷含量測定：以Vanado molybdo phosphoric Acid比色法測定之。

19.矽（SiO_2）含量測定：以550°C灰化後之鹽酸不溶物表示之。

結果與討論

一、形態之比較：

藍綠藻的形態常會因環境不同而有變化，Geitler[16]氏在其對螺旋藻的分類報告中亦提到Rich氏發

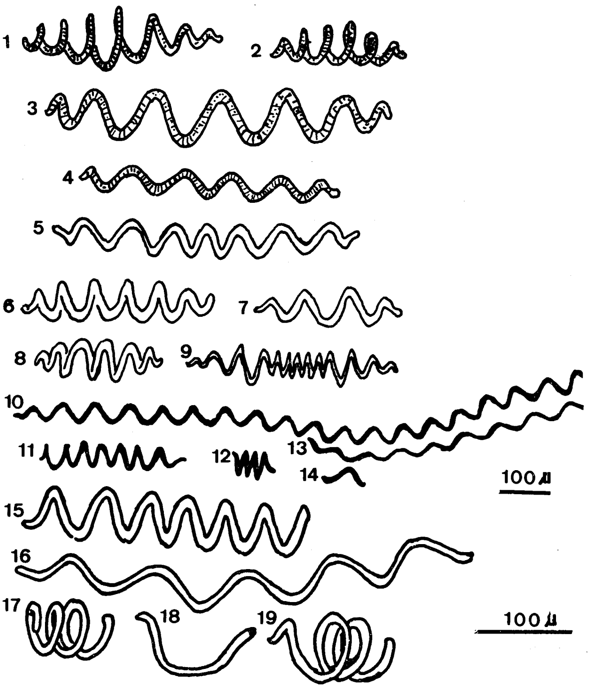

圖 1 、多形態變化之螺旋藻*Spirulina platensis*（1－9係參考Geitler[16]氏資料）

Fig. 1. Various shapes of *Spirulina platensis* (1—9 according to Geitler[16])

現*S. platensis*有多種形態變化（見圖 1）。Rippka et. al.[26]雖曾表示螺旋藻與蚯蚓藻（Arthrospira）兩屬間應以較具體的遺傳學基礎來作爲辨别的依據，然而在目前尚未有可靠的遺傳學或免疫學方法當作該屬藻類分類的法則之前，對多形態（Polymorphology）之螺旋藻分類，至今仍不得不沿用傳統的形態分類法而予命名。依據Geitler[16]氏與Desikacchary[12]氏對*S. maxima*與*S. pla-*

表 2 、*Spirulina platensis*與*S. maxima*之形態（I）（依據Geitler氏[16]與Desikacchary氏[12]氏分類）

Table 2. Morphological charcteristics of *S. platensis* and *S. maxima* (I) (according to Geitler and Desikacchary)

藻種名稱 Species names	*S. platensis*	*S. platensis** *f. granulata*	*S. platensis** *v. tenouis*	*S. platensis** *v. non-constrica*	*S. maxima*
資料來源 (Reference)	Geitler	Desikacchary	Desikacchary	Desikacchary	Geitler
裸絲體寬度（μ） (Trichome width)	6—8	6.6—7.9	5.1—6.4	4—8	7—9
螺旋幅度（μ） (Spiral width)	26—36	19.3—35.4	30—34	20—50	40—60
螺旋距離（μ） (Spiral distance)	43—57	(16.1) -20.5—44.9	40—52	40—62	70—80
細胞寬度（μ） (Cell width)	2—6				5—7
顏色 (Color)			淡藍綠		透明、灰綠
隔膜 (Septa)	稍微收縮		不收縮	不收縮	不收縮、上存顆粒
頂端細胞 (Terminal cell)	稍微變細	稍微變小	有冠狀物形成		細胞變細
其它 (Others)		捲成彈簧狀			

*Desikacchary氏歸入蚯蚓藻屬（Arthrospira）

tensis（或稱 *Arthrospira platensis*）之描述，此二藻之形態區分示如表 2 而所描繪之圖形則如圖 2 所示。

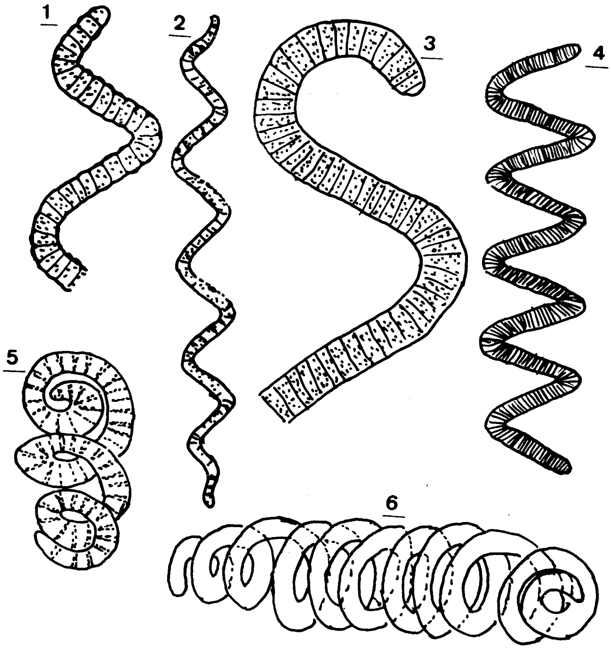

圖 2、螺旋藻Spirulina 1. *S. platensis* [16,12] 2. *S. maxima* [16] 3. *S. platensis v. non-constricta* [12] 4. *S. platensis v. tenuis* [12] 5. 6. *S. platensis f. granulata* [12]

Fig. 2. Various species of Spirulina

Guerin-Dumartrait [17] 以墨西哥所生產之藻體爲 *S. maxima*而Marty & Busson [22]，Santillan [27] 則認爲是 *S. geitleri*（Gardner氏所稱之 *A. maxima*），Durand-Chaestel [14] 則稱 *S. maxima* 與 *S. geitleri* 爲同名。Faucher et. al. [15] 稱IFP所分離出之藻種爲 *S. maxima* 與 *S. platensis*同名；不過 Yanagimoto & Saitoh [32] 氏則將 Clement 氏所稱之*S. maxima* 改歸類爲 *S. platensis*，並且把其由 Tchad湖藻餅靜置培養再分離得到的大幅度螺旋藻命名爲 *Oscillatoria sp.*，又再申請專利命名爲 *S. ultramaxima* [8]。由此可見在學術上螺旋藻命名混亂情形之一斑。爲求對此二藻能有較淸楚的判別，茲將各學者所採用藻體與本所所有之藻種作一比較，俾能作爲未來學者對螺旋藻命名之參考，表 3 所示即爲各藻體外觀形態之比較。

本試驗中進行比較之藻體除特別指明外，均爲在室溫下以基本合成培養基培養者。圖 3 及圖 4 所示分別爲*S. platensis*與*S. maxima*在光學顯微鏡下觀察之結果。

根據一般藻類學者的分類，裸絲體(Trichome) 寬度在6μ以上者僅有*S. maxima*與*S. platensis*。Geitler [16] 氏所稱之*S. maxima*寬度略大於*S. platensis*而Gardner氏之 *A. maxima*寬度爲4—6μ 反而小於*S. platensis* [22]。Guerin-Dumartrat [17] 所觀察之*S. platensis*寬度則達10μ。本所栽培之 *S. maxima*寬度4—8μ，小於*S. platensis*之寬度8—10μ此二藻均可以250目尼龍網過濾回收，然而當培養液pH值高於10.5且營養源長期缺乏時，老化之藻體細胞體形會縮小，螺紋數減少，以致用350目尼龍網亦無法回收。由此可知形態或裸絲體寬度大小僅可作爲參考用，應以其它生理或形態特性作爲分類的依據。

表 3 、*S. platensis*與*S. maxima*之形態（Ⅱ）

Table 3. Morphological characteristics of *S. platensis* and *S. maxima* (Ⅱ)

藻種名稱 Species names	*S. platensis*	*S. platensis*	*S. maxima*	*S. maxima*	*S. geitleri*	*S. ultramaxima*
資料來源 (Reference)	Marty etal [22]	Liu	Yanagimoto [8]	Liu	Martyetal [22]	Yanagimoto [8]
裸絲體寬度 (μ) (Trichome width)	6—8	8--10	7—9	4—8	4—6	7—10
螺旋幅度 (μ) (Spiral width)	35—50	30—90	40—60	30—60	50—60	60—600
螺旋距離 (μ) (Spiral distance)	50—60	30—150	70—80	40—80	70—80	150—1,100
頂端細胞 (Terminal cel)	縮小					
其它	佈滿顆粒	佈滿顆粒		少量顆粒	在隔膜處有少量顆粒	

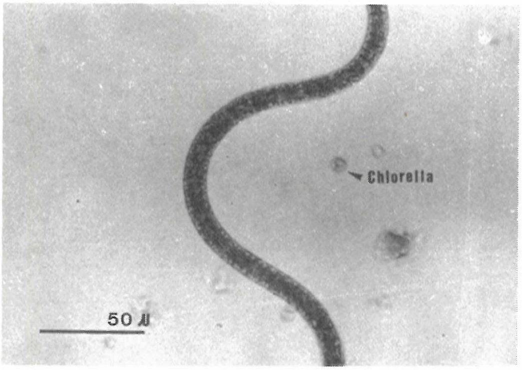

圖 3 、螺旋藻*Spirulnia platensis*與綠藻（Chlorella）
Fig. 3. *S. platensis* and Chlorella

圖 4 、螺旋藻*Spirulina maxima*
Fig. 4. *S. maxima*

Geitler [16] 、Desikachary [12] 氏皆提到*S. platensis*在細胞隔膜（Cross wall）處略形收縮，然而比較圖 3 與圖 5 則可觀察到在溫度及照光條件不同下，*S. platensis* 有收縮與不收縮兩種形態，因此細胞在隔膜附近收縮與否似乎不宜作爲區分二藻之基礎。

在長期進行培養觀察之結果，作者以爲成活中之藻體其細胞內顆粒分佈情形較可作爲區分*S. platensis* 與 *S. maxima* 之依據。各學者所命名之 *S. platensis* 或 *A. platensis*細胞內均佈滿顆粒而 *S. maxima* 則在隔膜附近有少許顆粒存在。顯微鏡下觀察時，前者顏色濃厚而後者呈較透明之淡藍綠色。

部分藍綠藻因細胞內會形成氣胞（Gas vacuole）而有上浮能力，在水面形成水花（Water-bloom), *S. platensis*，即其中之一。在光學顯微鏡下，氣胞會因氣體產生屈光作用而呈光亮的紅色而與其它細胞內顆粒區別 [30]。氣胞在經過加壓處理後，會向隔膜移動，圖 3 及圖 6 顯示*S. platensis*內呈紅色之氣胞及氣胞移動情形，由圖 4 則可看出 *S. maxima* 含有少數的紅色顆粒。靜止狀態下培養時*S. maxima*會沈至底部。這種上浮與否的特徵對藻體生長、與綠藻（Chlorella）競爭及對強光高溫之耐性等培養特性都有密切的關連。

Marty & Busson [22] 在電子顯微鏡下觀察*S. platensis*與*S. geitleri*均含有氣胞，而以Cyanophycin 多寡爲兩者細胞內顆粒數差異之因。由於本所使用之二藻種未曾進行 Cyanophycin 分析，因此對二藻顆粒多寡不擬下結論。

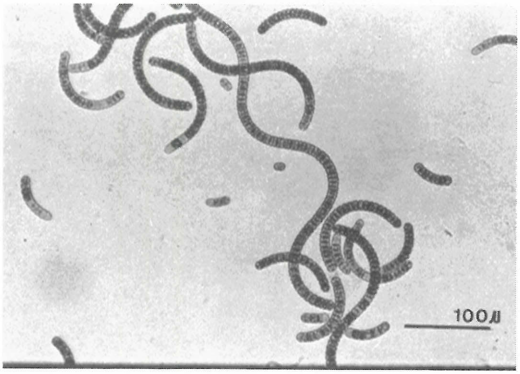

圖 5、螺旋藻*Spirulina platensis*（40°C, 6klux通氣培養）
Fig. 5. *S. platensis*（grown with air-bubbling 40°C, 6klux）

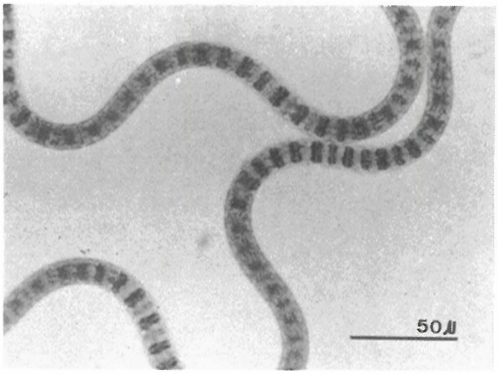

圖 6、螺旋藻*Spirulina platensis*（加壓去除氣胞內氣體）
Fig. 6. *S. platensis*（pressed cell without gas in gas vacuoles）

由藻體一般形態判斷，本所之*S. platensis*體型較 Tchad湖種爲大，而比 *S. ultramaxima*小。*S. maxima*大小則與墨西哥種接近。

二、多形態變化（Polymorphology）之比較

在長期室內外改變培養液成分及環境條件之培養期中，此二藻均有多種變化形態產生，包括螺旋幅度、螺旋距離、螺紋數目、螺旋形狀，裸絲體寬度及頂端細胞大小形狀等，而以 *S. maxima* 較易變化且變化種類較多（見圖7）。*S. platensis* 之形態變化可參考圖1。有關形態變化之詳細報告將另外提出討論。

由圖7中可看出*S. maxima*約有8種形態變化，甚至失去螺旋狀構造而狀似顫藻(Oscillatoria)。Yanagimoto & Saitoh氏所區分之 "Mexico A, B, C"與本所 *S. maxima* 在變更鹽分濃度培養長期所得到的多種變化形態相似。Yanagimoto & Saitoh [31] 氏提出將 Mexico A, B, C 分別歸屬 *Lyngbya* sp. *Oscillatoria mogeotii*及*S. masartii*，作者認爲應該以較具體的遺傳學免疫學證據來作爲分類的依據，而不宜依形態來區分。目前國內生產螺旋藻之培養池中亦發現有許多顫藻屬及多形態螺旋藻存在，其形成原因可能鹽分濃度控制失調所致。

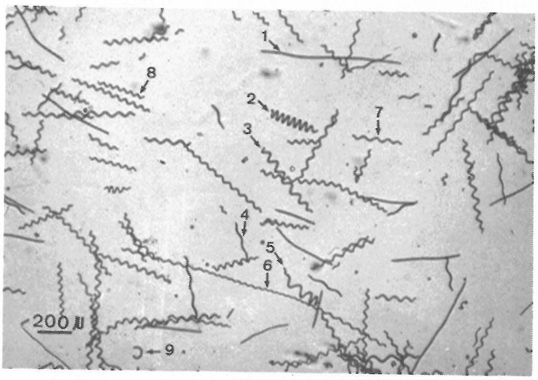

圖 7、多種形態之螺旋藻*Spirulina maxima*
Fig. 7. Various shapes of *S. maxima*

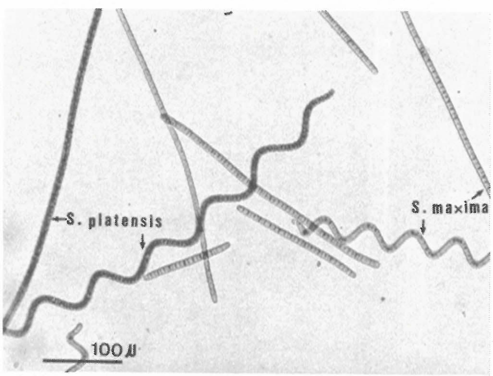

圖 8、螺旋藻*Spirulina platensis*及*S. maxima*與其直線狀突變種
Fig. 8. Spiral and straight froms of *S. platensis* and *S. maxima*

在較高鹽分濃度的培養液中，以靜置方式培養 *S. platensis*亦可發現罕見的直線狀藻體，其細胞顆粒分佈及裸絲體寬度均與*S. platensis*相同。以*S. maxima*培養得到的直線藻大小則與*S. maxima*相同。由圖 8 可淸晰看出兩藻之不同 Lewin氏[21]與陳氏[1]亦曾發現成爲直線狀之*S. platensis*。

就形態而言，本所之*S. platensis*似爲 *S. ultramaxima*中體型較小之一種。由於 *S. ultramaxima*係在1,000lux, 30°C下靜置培養兩週後才分離得到，且在通氣攪拌、低溫、强光下細胞易斷裂成直線[8]；而本所培養 *S. platensis* 多採用室溫、强光照射、通氣或水車攪拌培養，因此與 *S. ultramaxima* 培養條件無法比較而不能進一步了解兩者在形態差異上之關連性。不過，將本所之 *S. platensis* 置於高溫强光下靜置培養24小時後，發現該藻螺旋幅度增爲 100μ 而螺旋距離增爲250μ，螺紋數多達 30—40個[4]，裸絲體總長可達一公分（見圖 9），可見培養環境對藻體形態變化有重大的影響。

三、生理與生化性質之比較：

以本所使用之 *S. platensis*與*S. maxima*在室內及室外環境下行通氣攪拌培養所得藻體，經眞空乾燥後進行各種生理及生化成分分析，並且與 IFP之 *S. platensis*, 墨西哥之*S. geitleri*（或*S. maxima*）及 Yanagimoto[4]氏之 *S. ultramaxima*分析結果比較如下：

1.藻體乾重與吸光密度之關係：

由圖10所示*S. platensis*與 *S. maxima*懸浮液在 560nm 波長之吸光密度細胞乾重之吸光密度細胞乾重之關係可以看出，吸光密度相同時前者所含藻體量較多。由於氣胞具有屈光作用，因此兩者吸光常數產生差異的原因可能是 *S. platensis* 含有較多的氣胞所致。例如綠藻細胞不含氣胞，在相同吸光密度下其培養

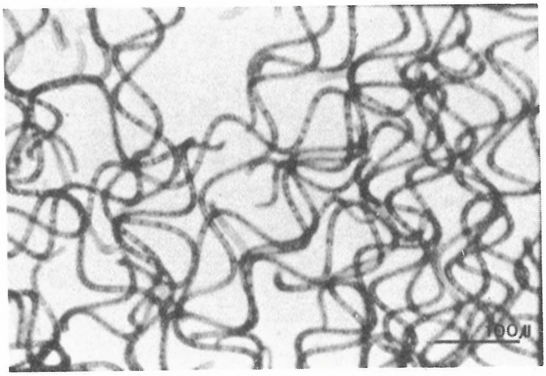

圖 9、螺旋藻*Spirulina platensis*（40°C, 16klux下靜置培養）

Fig. 9. *S. platensis* (grown with sedimentation 40°C, 16klux)

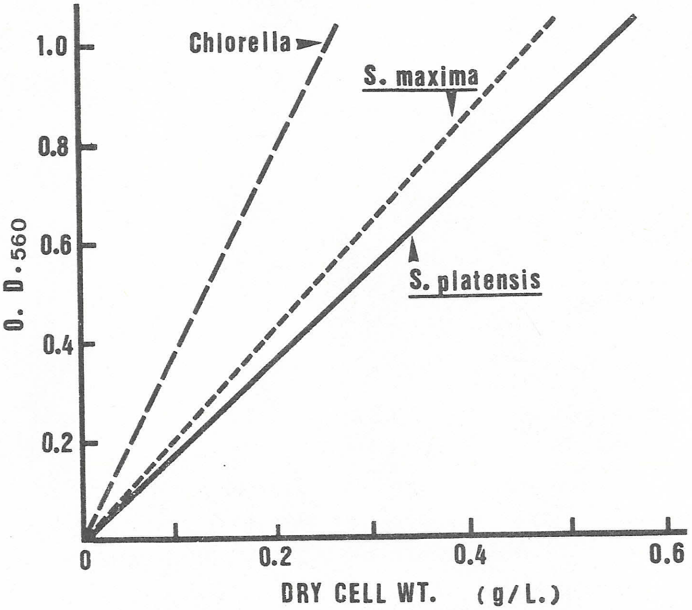

圖10、藻體乾重與吸光密度之關係

Fig. 10. The relationships between dry cell weight of algae and optical density of cell suspension

液中所有之藻體乾重量遠較*S. maxima*為少。

作者等曾將*S. platensis*之細胞懸浮液加壓除去氣胞內氣體前後與 *S. maxima*之吸收光譜進行比較，其結果如圖11所示，去除氣體後之*S. platensis*吸收光譜圖與 *S. maxima*相似，此足以顯示氣胞含量多寡對吸光密度大小有密切之影響。

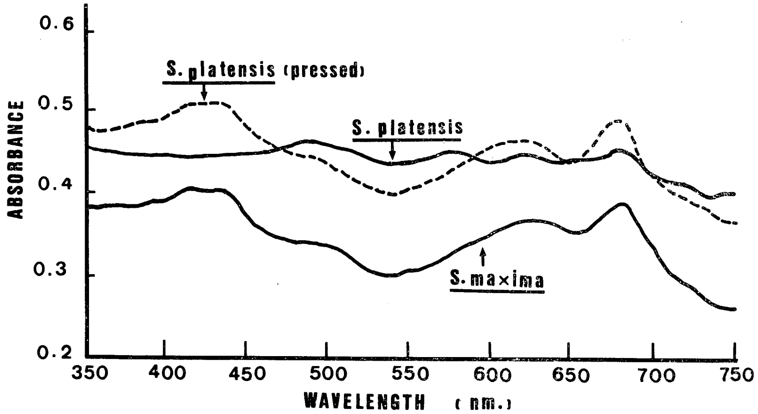

圖11、*S. platensis*與*S. maxima* 細胞懸浮液之吸收光譜

Fig. 11. Spectra of cell suspensions of *S. platensis* and *S. maxima*

2.細胞一般組成分與元素分析之比較：

由表4.螺旋藻細胞一般組成分分析結果可以看出，本所*S. platensis*與 *S. maxima*粗蛋白質含量接近，粗脂肪及灰分含量則以*S. maxima*為高而碳水化合物則以 *S. platensis*較多。此二藻在室外培養之藻體碳水化合物含量均高於在室內生長者，粗脂肪含量變化亦同，而以 *S. platensis*之室內外差異較大。又由此表中可以看出該藻粗纖維含量甚低，顯示藻體並沒有一般植物體纖維質 (Cellulose) 構造之堅硬細胞壁，這也是螺旋藻消化率高於綠藻的原因。

表4、*S. platensis* 與*S. maxima*之一般組成分分析

Table 4. Chemical Compositions of *S. platensis* and *S. maxima*

(乾物重Dry basis, %)

來源 (Source) / 項目 (Items)	*S. platensis*		*S. maxima*		*S. platensis* (11)	*S. maxima* (11)	*S. ultramaxima* (8)
	室內 Indoor	室外 Outdoor	室內 Indoor	室外 Outdoor			
粗蛋白質 (Crude Protein)	69.2	70.3	68.9	68.1	75.3	67.0	69.4
粗脂肪 (Crude Fat)	6.1	8.1	8.0	8.1	7.6	5.2	3.2
粗纖維 (Crude Fiber)	0.5	0.5	0.1	0.1	0.6	0.5	
灰分 (Ash)	6.2	5.7	8.3	6.1	4.9	6.9	5.0
碳水化合物 (Total Carobhydrate)	14.8	15.8	12.7	15.3	12.9	17.8	
總計 Total	96.8	100.4	98.0	97.7	101.3	97.4	
消化率 (Digestibility)	82.0	90.9	87.0	87.8			

表 5、*S. platensis*與*S. maxima*之元素分析值

Table 5. Elemental analysis of *S. platensis* and *S. maxima*

(乾物重Dry basis)

項目 Item \ 來源 Source	*S. platensis*		*S. maxima*		*S. platensis*[11]	*S. maxima*[11]	*S. geitleri*[27]
	室內 Indoor	室外 Outdoor	室內 Indoor	室外 Outdoor			
鈉 Na (ppm)	2,650	2,600	15,270	2,520	3,008	11,482	412
鉀 K (ppm)	12,000	12,800	12,300	7,660			15,400
鎂 Mg (ppm)	4,200	3,400	2,580	3,300			1,915
鈣 Ca (ppm)	3,300	3,000	2,120	3,700	1,017	678	1,315
鐵 Fe (ppm)	790	947	662	1,103	550	616	580
銅 Cu (ppm)	21	15	74	37			
錳 Mn (ppm)	37	18	36	21			25
鋅 Zn (ppm)	39	25	31	22			39
磷 P (ppm)	10,950	9,900	6,830	8,520	9,025	9,290	8,942
矽 SiO_2 (%)	0.33	0.82	0.31	0.63			

表 5 所示爲螺旋藻礦物質元素分析值。此二藻之鋅銅含量均以室內培養者較高，而其他元素含量變化差異極大。尤其是室內培養之 *S. maxima* 鈉含量高達1.5%，*Clement*[11] 所分析之墨西哥半天然方式培養之*S. maxima*亦含1.1%鈉，而Santillan[27] 氏所報告之 *S. geitleri*雖同樣在墨西哥培養，却僅含0.04%鈉，相差近30倍。Laquerbe et al.[19] 雖曾進行*S. platensis*與*S. geitleri*室內培養藻體礦物質元素之比較，然而其以單位體積培養內所含有生質之元素分析爲基準，因此無法與本所試驗結果相比較。由於培養液中鹽分濃度、溫度及照度都足以影響藻體對礦物質之吸收能力，若欲了解兩者對不同元素利用情形是否同異，則有待進一步試驗探討方可判斷。

3.色素組成之比較：

螺旋藻含各種光合作用色素，包括水溶性之藻藍素與脂溶性之類胡蘿蔔素（Carotene與Xanthophyll之總稱）及葉綠素A等色素。表 6 所示即 *S. platensis*與 *S. maxima*在室內日光燈源及室外陽光照射下生長時之色素組成。由此表中可以看出日光照射下之藻體含有較多量的色素。有關光線強度與溫度對*S. platensis*色素組成之影響，作者[4] 與Ogawa[23] 氏均曾提出報告，然而在*S. maxima*色素組成變化上尚未被詳細研究。

就*S. platensis*而言，其藻藍素與葉綠素A在陽光下生長時，量增加之幅度較 *S. maxima* 爲大，*S. maxima*則以β-Carotene含量變化最顯著。

本文中之β-Carotene值係以乙醚抽出物在波長 451nm之吸光密度爲計算基礎而得到之總計值，與實際含量應有出入，然而僅就表 6 所示結果可以看出在室內培養之*S. platensis*含有多量的β-Carotene, *S. maxima*則相反。Palla et al.[24] 詳細分析室內培養下之 *S. platensis*及 *S. geitleri*類胡蘿蔔素組成後發現β-Carotene占*S. platensis* 胡蘿蔔素量之71%，而 *S. geitleri* 不含 β-Carotene其主成分爲 Cryptoxanthin。由墨西哥產品（*S. geitleri*）之分析值[27] 則可看出半天然方式培養的藻體β-Carotene含量約爲類胡蘿蔔素總量之43%，顯示此*S. geitleri*藻體β-Carotene合成深受日光照射影響。

由上述色素成份分析值可以推測*S. platensis*與*S. maxima*爲生理性狀不同的兩株藻種。*S. platensis*較能適應高溫燈光下之生長，可能與氣胞及β-Carotene含量較多有關。本所使用之*S. maxima*

表6、*S. platensis*與*S. maxima*之色素組成分析

Table 6. Pigment analysis of *S. platensis* and *S. maxima*

來源 (Source) / 項目 (Items)	*S. platensis* 室內 Indoor	*S. platensis* 室外 Outdoor	*S. maxima* 室內 Indoor	*S. maxima* 室外 Outdoor	*S. geitleri* (27)	*S. ultramaxima* (8)
藻藍素 (%) (c-Phycocyanin)	3.5	9.6	5.1	7.0		7.0
葉綠素 a (%) (Chlorophyll a)	0.53	1.44	0.78	1.02	0.76	
類胡蘿蔔素 (mg%) (Carotenoids)	181	344	196	326	400	399
β-胡蘿蔔素 (mg%) (β-Carotene)	106	343	37	321	170	

表7、*S. platensis*與*S. maxima*之胺基酸組成分析

Table 7. Amino acid compositions of *S. platensis* and *S. maxima*

(g/100g蛋白質)

來源 (Source) / 胺基酸 (Amino acid)	*S. platensis* 室內 Indoor	*S. platensis* 室外 Outdoor	*S. platensis* (11)	*S. maxima* (11)	*S. geitleri* (27) *	*Anabaena flos-aquae* ** (30) 氣胞膜蛋白 Gas vacuole membrane protein	FAO 推薦值 Provisional Pattern
Isoleucine	5.94	5.58	6.24	6.02	4.13	10.1	4.2
Leucine	9.21	9.57	8.91	8.65	5.80	10.0	4.8
Lysine	5.39	3.07	4.58	4.53	4.00	4.7	4.2
Methione	2.81	0.44	2.65	2.45	2.17	0	} 4.2
Cystine	0.89	1.19	0.94	0.96	0.67	0	
Phenylalanine	5.02	3.31	4.53	4.40	3.95	0.6	2.8
Threonine	4.19	6.72	5.23	5.14	4.17	4.9	2.8
Tyrosine	4.29	3.22	4.84	4.54	4.60	2.8	2.8
Valine	6.46	10.38	6.74	8.56	6.00	12.6	4.2
Tryptophan	n	n	1.60	1.61	1.13	0.7	1.4
Alanine	12.64	15.54	7.90	7.54	5.82	15.9	
Arginine	6.14	3.52	6.41	6.45	5.98	4.2	
Aspartic acid	5.37	9.08	8.92	9.29	6.43	5.6	
Glutamic acid	16.03	12.02	12.55	13.28	8.94	12.4	
Glycine	4.87	8.41	4.87	4.92	3.46	4.3	
Histidine	2.01	3.27	1.51	1.58	1.08	0	
Proline	3.69	4.60	3.48	3.63	2.97	1.4	
Serine	5.42	3.29	5.48	5.29	4.00	9.9	

n：未分析 (not analyse)
※：原數據係以乾物重計算 (Original data is based on dry wt.)
**：Mole%

近似*S. geitleri*。

4.胺基酸組成之比較：

螺旋藻含有大量的蛋白質，而胺基酸組成則影響了蛋白質之品質，表7所示即 *S. platensis* 與

*S. maxima*之胺基酸組成分分析。由此表中可以看出培養環境不同時胺基酸組成亦會發生變化。

氣胞之主要構成分爲蛋白質，作者曾提出膜蛋白亦爲螺旋藻貯藏蛋白形式之一種 (4) 由於部分上浮性藍綠藻之氣胞蛋白質胺基酸組成已被了解，因之將氣胞數目多寡不同之 *S. platensis*, *S. maxima*, *S. geitleri*與念珠藻（*Anabaena flos-aquae*）之氣胞蛋白質組成示於表 7 而予比較。氣胞膜蛋白中含量最高之胺基酸爲 Alanine, Valine, Glutamic Acid, Leucine, Isoleucine。在室外生長之*S. platensis*之高含量胺基酸亦爲Ala. Val. Glu. 與Leu. 室內生長之*S. platensis*則爲Glu. Ala. Leu. Val. 可謂與氣胞膜蛋白主要組成相近。反之，*S. maxima*與*S. geitleri*無此特性。

5.脂肪酸組成之比較。

螺旋藻之脂肪酸組成中以Palmitic Acid含量最高，其次爲不飽和之 Linoleic Acid與Linolenic Acid。表 8 所示即*S. platensis*與*S. maxima*之脂肪酸組成分分析值。由此表中可以看出此兩藻之脂肪酸組成十分接近，只有*S. maxima*在室內培養時Stearic Acid含量偏低且含有較多量的Arachidic Acid。Hudson (18) 氏曾對螺旋藻之Linolenic Acid進行分析，發現其成分主要爲r-Linolenic Acid而非Eicosanoic Acid。本試驗所使用之*S. platensis*與 *S. maxima*其Linoleic與 Linolenic Acid含量和都超過30%，對於缺乏必需脂肪酸（Essential Fatty Acid）之食品而言，可以作爲良好的營養改良劑 (18)，尤其在室外培養時，前者含量較後者爲高。

表 8、*S. platensis*與*S. maxima*之脂肪酸（C_{16}—C_{20}）組成分析

Table 8. Fatty acid compositions of *S. platensis* and *S. maxima*

(%)

來源 (Source) / 脂肪酸 Fatty Acid	*S. platensis*		*S. maxima*		*S. platensis* (25)		*S. geitleri* (25)		*S. geitleri* (27)
	室內 Indoor	室外 Outdoor	室內 Indoor	室外 Outdoor	查德湖 Lake Chad	人工培養 from Lab.	天然池 from Pond	人工培養 from Lab.	
Palmitic acid (C16 : 0)	49.5	45.5	48.9	51.1	41.1	21.4	29.6	18.8	37.1
Palmitoleic acid (C16 : 1)	5.2	8.3	4.9	6.5	7.2	11.4	6.8	8.2	3.6
Stearic acid (C18 : 0)	1.8	2.7	0.1	1.4	1.2	6.3	2.6	7.8	0.6
Oleic acid (C18 : 1)	3.3	3.0	2.3	8.9	11.2	20.6	4.7	12.6	5.3
Linoleic acid (C18 : 2)	11.1	12.6	19.6	12.6	19.5	18.3	26.4	15.9	24.2
Linolenic acid (C18 : 3)	29.2	27.9	20.4	19.5	15.5	13.9	25.9	25.5	21.7
Arachidic acid (C20 : 1)	—	—	2.9			2.2	0.1	4.3	—

Pelloquin et al. (25) 對 *S. platensis*及 *S. geitleri*分析結果則顯示在室內培養之藻體 Palmitic Acid含量僅佔20%左右，而*S. geitleri*之Linoleic與Linolenic Acid總含量高於*S. platensis.* Santillan (27) 所分析之墨西哥螺旋藻產品雖然 Palmitic Acid 含量達脂肪酸量之37%，而 Linoleic 與 Linolenic Acid含量則與Pelloquin et al. (25) 所得結果相近。

Hudson et al. (18) 所分析之*S. maxima*其極性與非極性脂肪中 Palmitic Acid含量佔50及60%，Linoleic與 Linolenic Acid總含量則爲24及21%。根據 Hudson et al. (18) 引述 Nichols分析*S. platensis* 之結果，Palmitic, Linoleic，r-Linolenic Acid 含量分別爲46，13及21.5%，則與本所

*S. platensis*分析結果吻合。

Ⅳ.生長特性之比較：

1.生長速率之比較：

將*S. platensis*與*S. maxima*置於室溫（25—30°C）下通氣培養5天，藻體生長結果示如表9。由此表中可以看出沒有光源供應時，兩藻均在兩日後死亡。光線照射下初期 *S. platensis*生長稍快，後期則*S. maxima*生長略優。

以對數生長期中之*S. platensis*與 *S. maxima* 調製成吸光密度值同為0.4之藻體懸浮液後以不同比例配合後，置於16Klux, 32—35°C 下培養兩天，則藻體生長速率及兩藻種之配合比例關係示如表10。由此表中可以看出初期生長以*S. platensis*為優，後期則 *S. maxima*較快。依此試驗結果推測，在較高的溫度下*S. platensis*需要較多的光照，而 *S. maxima*剛好相反，所以在培養後期藻體濃度增加時，*S. platensis*因所受光量減少而生長較 *S. maxima*為差。所以在夏天日光充足溫度較高時宜培養*S. platensis*。

表9、*S. platensis*與*S. maxima*在室溫下生長之比較

Table 9. Comparison the growth rate of *S. platensis* and *S. maxima* grown in room temperature

(O. D. 560)

藻種 (Strain) 照度 (Light Intensity) 培養日數 (Days)	*S. platensts*				*S. maxima*			
	0Lux	170Lux	3Klux	5Klux	0Lux	170Lux	3Klux	5Klux
0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.15
1	0.16	0.19	0.21	0.22	0.14	0.17	0.21	0.21
2	0.16	0.23	0.38	0.49	0.14	0.22	0.38	0.44
3	0.06	0.30	0.73	0.95	0.05	0.27	0.75	0.90
5	0.08	0.37	1.37	1.74	0.07	0.36	1.38	1.84

表10、*S. platensis*與*S. maxima*混合培養時在35°C下生長之比生長速率值

Table 10. The Specific growth rate of the mixed culture of *S. platensis* and *S. maxima* grown in 35°C, 16Klux.

S. platensis : S. maxima (V / V)	比生長速率 (μ, day^{-1})	
	第一日 (1st day)	第二日 (2nd day)
100 : 0	0.72	0.92
75 : 25	0.69	0.99
50 : 50	0.68	1.00
25 : 75	0.62	1.02
0 : 100	0.57	1.06

比生長速率 (μ)=$[\ln(O.D._{560})t-\ln(O.D._{560})o]/T$

2.對高溫强光之耐性：

取吸光密度值約 0.09之*S. platensis*及*S. maxima*培養液置於 40°C下，以 16Klux, 6Klux 及 4Klux三種照度，採靜置方式培養一天，結果如表11所示，*S. platensis*快速生長而 *S. maxima*在低照度下緩慢生長，在强光下則分解死亡。將 *S. maxima* 接種濃度提高至0.21時結果仍然相同。由此可知*S. maxima*對高溫强光之耐性遠不及*S. platensis*。

表11、*S. platensis*與*S. maxima*在40°C下生長之比較
Table 11. The growth rate of *S. platensis* and *S. maxima* grown in 40°C
(O. D.560)

藻種 (Strain) / 最初濃度 (Initial O. D.560) / 培養時間 (Time) / 照度 (Light Intensity)	*S. platensis*	*S. maxima*			
	0.09	0.094		0.21	
	24hrs	6hrs	24hrs	6hrs	24hrs
16 klux	0.400	0.134	0.098	0.240	0.119
6 klux	0.270	0.134	0.138	0.240	0.244
4 klux	0.220	0.134	0.134	0.240	0.247

3.對綠藻污染之抗性：

由於臺灣的氣溫環境除了適宜螺旋藻生長外還適合綠藻的繁殖，而且無論在空氣或雨水、自來水中都有綠球藻存在，在開放培養時無可避免綠藻的污染，因此與綠藻競爭生長的能力也是選擇栽培藻種所要考慮的條件。

S. platensis 在春天與雨水稀釋培養液期間常會受到綠藻污染。Vanshak et al. [29] 即發現培養液中碳酸氫鈉含量低時綠藻及原生動物會大量繁衍。作者以室外培養池加蓋與否進行比較試驗時發現，未加蓋之*S. platensis*培養池在受到雨水稀釋後第二天即可找到綠藻。

表12、*S. platensis*與*S. maxima*在不同碳酸氫鈉濃度下生長時，受綠藻污染情形
Table 12. Growth of Chlorella in the culture of *S. platensis* and *S. maxima* grown in different concentrations of $NaHCO_3$

藻種 Strain / $NaHCO_3$濃度 (Conc. g/L) / 培養日數 (Days)		*S. platensis*				*S. maxima*			
		2	4	8	16	2	4	8	18
	1	−	−	−	−	−	−	−	−
	2	±	−	−	−	−	−	−	−
(A)	3	+	±	−	−	±	−	−	−
	4	++	+	±	−	+	±	−	−
	5	++	++	+	+	+	+	±	−
	6*	++	++	+	+	+	±	±	−
(B)	7	++	++	++	++	+	±	±	−
	8	++	++	++	++	+	+	±	−

※在培養液中通入CO_2氣體Supply CO_2 gas
−：每滴少於5個綠藻細胞 (One drop contained less than 5 chlorella cells)
±：每滴含有5—10個綠藻細胞 (contained 5-10 cells)
+：每滴含有10個以上綠藻細胞 (contained over 10 cells)
++：每滴含有大量綠藻細胞 (contained large amount cells)

為比較*S. platensis*與 *S. maxima*對綠藻的抗性，分別在培養液中加入少量綠藻。培養液中添加不同濃度的碳酸氫鈉，置於30°C, 9Klux下密閉靜置培養，觀察綠藻繁衍情形，其結果如表12 (A) 所示。將已有綠藻衍生之培養液再通入 CO_2氣體後，兩藻培養液中綠藻發生情形則如表12 (B) 所示。

由試驗中觀察出 *S. platensis*於低碳酸氫鈉培養液中生長時，藻體很快會變黃結塊，且部分藻體分解。藻體分解後產生許多有機碳氮源，正好成為綠藻的營養素。由於螺旋藻易利用無機肥料而綠藻喜好有機肥料，因此一旦螺旋藻藻體被破壞時，該藻即無法與綠藻競爭，即令再補充無機碳源供應螺旋藻生長時，亦無從挽回被綠藻汚染的頹勢。

培養*S. maxima*所得結果與*S. platensis*不盡相同，碳酸氫鈉濃度為2g/L時，培養液極易受汚染，4g/L 時亦可發現綠藻量少許增加現象，然而8g及 16g/L之培養液中綠藻雖然存在，數量却不多。*S. maxima*在長期培養下細胞集結一起，雖然色素消失却不易分解。Yanagimoto氏之 *S. ultramaxima*當藻體濃度高時，細胞色素會消失，生長因此減緩[8]，此現象與本所 *S. maxima* 相似。由於 *S. maxima* 在高碳酸氫鈉培養液中不易腐敗分解，受到綠藻汚染之影響也較小，所以在綠藻容易生長的低溫時期應以此藻作為生產藻種。又，在培養液無法充分攪拌均勻的場合應選擇 *S. maxima*，以免*S. platensis*因結塊而腐敗產生綠藻。

4.耐鹽性之比較：

將含有綠藻之*S. platensis*與*S. maxima*培養液（碳酸氫鈉2g/L）添加0，5，10及 30g/L 之食鹽置於30°C, 9Klux下培養 2 天，觀察藻體生長情形，然後再各添加 14g/L碳酸氫鈉後，繼續培養，比較其生長。結果如表 13所示，食鹽濃度在 1 %以上時綠藻即無法生長，*S. platensis* 雖然在 3 %食鹽液中仍能緩慢生長。*S. maxima*生長情形較*S. platensis*為好。不添加食鹽之*S. platensis*很快受綠藻汚染，*S. maxima*在碳酸氫鈉2g/L時可觀察出綠藻繁殖，然而在添加 14g/L 碳酸氫鈉後，則綠藻生長減緩。由此試驗結果顯示*S. maxima*對鹽濃度的耐性較*S. platensis*佳。

表13、*S. platensis*與*S. maxima*在不同食鹽濃度之培養液中生長時受綠藻汚染情形

Table 13. Growth of Chlorella in the culture of *S. platensis* and *S. maxima* grown in different concentrations of NaCl

藻種 Strain / NaCl濃度 (Conc. %) / 培養日數 (Days)	*S. platensis*				*S. maxima*			
	0	0.5	1	3	0	0.5	1	3
1*	±	−	−	−	−	−	−	−
2	+	±	−	−	±	−	−	−
3**	+	+	−	−	±	±	−	−
4	++	+	−	−	±	±	−	−
5	++	++	−	−	±	±	−	−

※培養液中含2g/L $NaHCO_3$.

Medium contained 2g/L $NaHCO_3$

※※培養液中再補加14g/L $NaHCO_3$

Add 14g/L $NaHCO_3$

結　　論

本省氣候適宜栽培螺旋藻，目前在臺灣雖然已有商業化產品外銷美日，然而對現有之藻種*S. platensis*與 *S. maxima* 生育特性之比較，則尚未有充分之研究，因此本試驗旨在對此二藻種進行形態、生理及生育特性之比較，俾能尋求適宜國內環境生長之優良藻種。

此二藻受環境變化影響時形態會有多種變異，甚至失去螺旋形而狀似顫藻。*S. platensis* 形態變化較少，細胞內佈滿顆粒且含有大量氣胞可以上浮，其體型則較非洲查德湖種大。*S. maxima* 在隔膜處有顆粒存在，易下沈，氣胞數少且形態多變。就形態及類胡蘿蔔素組成而言，其與墨西哥種 *S. geitleri*相似。

比較*S. platensis*與 *S. geitleri* 之胺基酸組成，並參考作者前篇報告(4)中所提氣胞一上浮力與 *S. platensis* 蛋白質含量之關係，可以推測氣胞也可能是該藻貯藏蛋白質之一。

兩藻之不飽和脂肪酸Linoleic Acid與r-Linolenic Acid總量佔脂肪酸含量百分之三十以上，在食品應用上可作爲必須脂肪酸之補充劑。β-胡蘿蔔素是維生素A之前趨物質(Precurser), *S. maxima* 在室內培養時含量偏低，在室外生長則含量大幅度提高。

室溫下生長以*S. maxima*較快，30°—35°C下初期是*S. platensis*快而後期*S. maxima*快。40°C以上高溫强光下 *S. maxima*死亡，弱光下藻體緩慢生長，而 *S. platensis*却能快速繁殖(4)，由此可知*S. platensis*適合高溫强光亦即在夏秋兩季生長。

鹽分濃度及碳酸氫鈉濃度低時*S. platensis*較 *S. maxima*更易受到綠藻汚染。鹽分濃度升高時較不易受到綠藻汚染。提高鹽濃度時*S. maxima*生長較 *S. platensis*好。本省春冬季氣溫低，開放式培養期中易受綠藻汚染，因此選擇 *S. maxima* 作爲生產藻種在抗綠藻及生長速率上應能得到較佳的結果。又，在近海鹽分高的地區亦宜採用*S. maxima*。

參考文獻

1.陳琪璜 (1983)：螺旋藻Spirulina platensis之生長與細胞特性，臺灣大學農業化學研究所碩士論文。

2.鄭于峰、高瑞娟、洪嘉謨、周才藝 (1982)：豬糞尿經厭酵氣醱排出液大規模培養螺旋藻可行性之探討，中華生質能源學會會誌1 (1—2)，51—60

3.劉慧瑛 (1983)：臺灣省農業試驗所71年年報p. 100.

4.劉慧瑛 (1984)：溫度與照度對螺旋藻生長速率、生理與生化性質之影響，中華農業研究33 (3)，276—291

5.山口廸夫 (1979)：スピルリナの利用面における課題，New Food Industry21, 34-40.

6.中山豐藏 (1975)：スピルリナ一新しい蛋白資源としての可能性，Ibid. 17, 7-13.

7.中村浩、田邊洋介 (1973)：藍藻アルスロスピラの大量培養について，醱酵協會誌，31 (2)，185—198

8.柳本正勝：日本專利特許公報，昭57—5512

9. Association of Official Agricultural Chemists (1970): A. O. A. C. 11th. ed. Association, Washington D. C.

10. Boussiba, S. & Richmond, A. E. (1979): Isolation and characterization of phycocyanin from the blue-green alga *Spirulina platensis* Arch. Microbiol., 120, 155-159.

11. Clement, G. (1975): Production et constituants characteristiques des alques Spirulina platensis et maxima. Ann. Nutr. Alim., 29(5), 477-488.

12. Desikacchary, T. V. (1959): Cyanophyta , Indian Council Agric. Res., New Dehli, India.

13. Dubois, M. et al. (1956): Anal. Chem., 28, 350-356.

14. Durand-Chastel, H. (1980): Production and use of Spirulina in Mexico, in "Algae Biomass" ed. by Shelef, G. & Soeder, C. J., Elsevier/North-Holland Biochemical Press, pp . 51-64.

15. Faucher, O., Coupal, B. & Leduy, A. (1979): Utilization of seawater-urea as a culture medium for

Spirulina maxima. Can. J. Microbiol., 25, 752-759.

16. Geitler, L. (1932): Cyanophyceae in Rabenhorst's "Kryptogamen-Flora" Vol. 14, pp. 916-931, Akad. Verlagsgesellshaft, Leipzig.
17. Gurein-Dumartrait, E. & Moyse, A. (1976): Caracteristiques biologiques des Spirulina. Ann. Nutr. Alim., 30, 489-496.
18. Hudson, B. J. F. & Karis, I. G. (1974): The lipid of the alga Spirulina. J. Sci. Food Agric., 25, 759-763.
19. Laquerbe, B., Busson, F. & Maigrot, M. (1970): Sur la composition en éléments minéraus de deux Cyanophycées, *Spirulina platensis* (Gom.) Geitler et *Sp. geitleri* J. de Toni. C. R. Acad. Sci. Ser. D., 270, 2130-2133.
20. Leonard, J. (1966): The 1964-65 Belgian trans-Saharan expedition. Nature, 209, 126-128.
21. Lewin, R. A. (1980): Uncoiling variants of *Spirulina platensis*. Arch. Hydrobiol./Suppl. 60 Algalogical Studies, 26, 48-52.
22. Marty, P. F. & Busson, F. (1970): Données cytologiques sur deux Cyanophycées, *Spirulina platensis* (Gom.) Geitler et *Sp. geitleri* J. de Toni. Hydrologie, 32, 559-565.
23. Ogawa, T. & Terui, G. (1972): Growth kinetics of *Spirulina platensis* in autotrophic and mixotrophic culture. Proc. IV. IFS: Ferment. Technol. Today, pp. 543-549.
24. Palla, J.-C., Mille, G. & Busson, F. (1970): Etude comparée des carotenoides de *Spirulina platensis* (Gom.) Geitler et de *Sp. geitlei* J. de Toni. C. R. Acad. Sci. Ser. D., 270, 1038-1041.
25. Pelloquin, A., Lai, R. & Busson, F. (1970): Etude comparée des lipides de *Spirulina* (Gom.)Geitler et de *Sp. geilteri* J. de Toni. Ibid., 271, 932-935.
26. Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J. B., Herdman, M. & Stanier, R. Y. (1979): Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of Cyanobacteria. J. Gen. Microbiol., 111(5) 1-61.
27. Santillan, C. (1982): Mass production of Spirulina. Experientia, 38, 40-42.
28. Tsai, P. H. & Lin, F. S. (1979): Culture of *Spirulina platensis* on fermented hog manure and utilization on aquaculture (in Chinese). Bull. Taiwan Fisheries Res. Inst., 31, 455-465.
29. Vonshak, A., Boussiba, S., Abeliovich, A. & Richmond, A. (1983): Production of spirulina biomass:Maintenance of monoalgal culture outdoors. Biotech. & Bioeng., 25, 341-349.
30. Walsby, A. E. (1972): Structure and function of gas vacuoles. Bact. Rev., 36, 1-32.
31. Yanagimoto, M. & Saitoh, H. (1981): Blue-green algae coexistent in stock culture of Spirulina (in Japanese). Rept. Natl. Food Res. Inst., 38, 96-101.
32. Yanagimot, M. & Saitoh, H. (1982): Evaluation tests of a large spiral blue-green algae, *Oscillatoria sp.*, for biomass production. J. Ferment. Techol., 60(4), 305-310.
33. Zarrouk, C. (1966): Thesis de Doctorat de l'universite de Paris

Studies on the Comparison of Morphological, Physiological and Growth Characteristics between *Spirulina platensis* and *S. maxima*[1]

Huey-Ing Liu[2]

Summary

The characteristics of morphology, physiology, cellular components (including general composition, digestibility, mineral elements, amino acids, pigments and fatty acids) and growth condition of *Spirulina platensis* and *S. maxima* had been studied.

Both strains of algae could form straight shape varients, but *S. platensis* was more stable in morphological varience than the other. *S. platensis* contained more gas vacuoles and cellular granules than *S. maxima*, and more suspensible. It had larger shape than the strain from the Lake Tchad. Gas vacuoles could be a kind of storage protein of *S. platensis*. *Spirulina maxima* grown in this laboratory was similiar to those *S. geitleri* or *S. maxima* from Maxico with shape and composition of carotenoids. It contained less gas vacuoles and much easily sedimented. Total amounts of linoleic acid and γ-linolenic acid of *S. platensis* and *S. maxima* were over 30% of fatty acids content. The biomass of both algal strains could be used to enrich the essential fatty acid content of food. *S. maxima* grown indoor had less amount of β-carotene, but the outdoor cultured contained much more β-carotene.

S. maxima grew faster under room temperature. At 30—35°C, *S. platensis* grew faster in the beginning. Above 40°C, *S. maxima* grew slowly and partially dead. Both strains of algae could grown in 3% NaCl culture, but less chlorella contaimination in *S. maxima* culture.

---

1. Contribution No. 1261 from Taiwan Agricultural Research This research was ofered for an research award from National Science douncil, R. O. C.

2. Assistant agricultural chemist, Dept. of Agricultural, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）35 (1)：81～93 (1986)

玉米銹病之研究[1]

葉忠川[2]

摘要：本省玉米銹病有普通型及南方型兩種。本研究之目的：一、繼續配合育種計畫進行抗病育種，協助檢定本所現有之種源（包括甜玉米及飼料玉米）及分離培育之材料對兩種銹病之抵抗性。二、探討溫度對夏胞子發芽及存活之影響以保存夏胞子做爲抗病篩選時之接種源及其他研究之用。三、探討本省兩種玉米銹病菌是否有生理小種，做爲抗病育種之指標。四、探討一些殺菌劑對兩種銹病的預防及治療效果做爲藥劑防治之參考。抗病篩選仍採用幼苗測定法在溫室或生長箱內進行。七十四年度共測定甜玉米663個品系，其中有206個品系在三次接種試驗中都表現抗普通型銹病，但未發現有抗南方型銹病者。七十五年度全省區域試驗飼料玉米22個品種（系）中有7個品系及對照品種臺農 351號抗普通型銹病，但亦無抗南方型銹病者，僅有兩個中間型品系。夏胞子發芽試驗在2%水洋菜上進行，結果顯示溫度適合時夏胞子在二小時內就可發芽，普通型銹病菌（*P. sorghi*）從12至 28°C發芽均良好，但以12及16°C最佳；南方型銹病菌（*P. polysora*）僅在24及28°C發芽較好；另外又發現*P. polysora*於低溫（16—20°C）所產生之夏胞子其發芽率顯然比高溫（24—30°C）所產生者爲高。夏胞子存活試驗顯示 *P. sorghi* 在-40及－5°C 保存150天仍有 60～70% 之發芽率，但 *P. polysora* 大約10天即完全失去發芽力。於 28°C 保存時 *P. sorghi* 大約30天但*P. polysora*亦約10天即完全失去發芽力。本試驗*P. polysora*夏胞子保存最好的溫度爲20°C，但經過60天發芽率亦從55%降至14%， 80天後即不發芽，所以*P. sorghi*夏胞子之保存較爲容易，但*P. polysora* 則有困難。從本省五個地區不定期前往採集銹病樣本，然後以離葉法在超甜玉米 236號葉片上用無菌軟毛毛筆進行純化與繁殖，以獲取源自單一夏胞子堆之菌株供生理小種研究之用，結果顯示本省之*P. sorghi* 沒有生理分化之現象，均屬於 Race2，但*P. polysora*有13個生理小種，分別爲 Race 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、15及16，其中Race 3、5、10、15及16 所佔比例較大爲主要的生理小種，尤其是 Race 16在 272個菌株中佔 29.4 %比例最大。若依採集地而論，花蓮有9個生理小種其中主要爲 Race 10及15，臺東有7個生理小種其中主要爲 Race16，屏東有8個生理小種其中主要爲Race 16，雲林有7個生理小種其中主要爲 Race 3、5、10及15，臺中有8個生理小種其中主要爲Race 3 及10。室內及田間藥劑試驗均顯示銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普等對兩種銹病均有預防效果，但只有銹克優及賜加落之治療效果較佳，可使病斑枯乾並失去產胞能力；殺可淨及殺普之治療效果在病斑產胞前使用較佳。

玉米（*Zea mays* L.）有三種銹病，分別爲 *Puccinia sorghi* Schw. 引起之普通型銹病(common rust), *P. polysora* Underw. 引起之南方型銹病 (southern rust) 及 *Physopella zeae* (Mains) Cummins and Ramachar引起之熱帶型銹病 (tropical rust)[18,20]，本省目前有普通型及南方型兩種[1,3,13]。日人澤田兼吉1943年在其所著「臺灣產菌類調查報告」中記載玉蜀黍有*Pucci-*

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1262 號。本研究承行政院農業委員會補助部分之經費謹此致謝。
2.本所植物病理系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

nia maydis 引起之銹病[4]，為本省玉米銹病最早之記錄，但依其所敍述病菌之夏胞子及冬胞子之形態，應為 *P. sorghi* 引起之普通型銹病。由於玉米在本省存在已久，因此普通型銹病可能早已存在但沒有人研究，而南方型銹病是1976年才報告的[1,13]，可能是因為引進甜玉米，栽培品種及栽培時期改變所致，因為以前玉米大多在秋裡作種植，比較適合於普通型之發生，但目前幾乎全年均有人栽培，氣溫稍高時南方型就會發生，南方型是目前飼料玉米最重要的葉部病害，甜玉米則兩種銹病都十分嚴重，但發生時期略有不同。

栽培抗病品種是病害防治最經濟而且有效之辦法，玉米在國外也有許多抗銹病之品種[6,7,10,11,14,19,22]，但未必能適合本省栽培，筆者在農委會資助計畫下，初步已完成兩種銹病之鑑別方法，並配合育種計畫檢定本所部分玉米種源及分離培育之材料對兩種銹病之抵抗性[3]，所獲取之抗病材料可供育種之用，未檢定之種源及新分離培育之材料仍有待繼續進行。

溫度與夏胞子發芽[23]及露期、溫度與發病之關係[8]雖已有人研究，但尚不完整，前者限於普通型銹病而後者僅限於南方型銹病。夏胞子之保存及存活試驗則尚未有報告，以上各點對於抗病篩選時接種源之獲得與製作，甚至於銹病其他方面之研究如生理小種及流行學等均非常重要。

病菌之生理小種與作物品種之抵抗性關係密切，*P. sorghi* 根據文獻記載有14個生理小種[15]，*P. polysora*有 9 個生理小種[16,17,22]，本省則未有研究，目前栽培面積最多的臺農 351號雖可抗普通型但不抗南方型銹病[3]，其他栽培品種對南方型亦無抵抗性，此是否與病菌之生理小種有關，仍有待探討。

使用化學藥劑來防治病害不但增加生產成本，而且使用不當時對作物及人類都會造成傷害，因此並非上策，但當無抗病品種可供栽培時，若藥劑使用得法，由於它的效果立竿見影因此也普徧被採用，飼料玉米由於植株高大，後期施藥比較困難，但若早期被感染對產量之影響可能較大，因此可考慮使用藥劑防治，甜玉米由於植株較小經濟價值也較高，因此用藥十分普徧，但是目前本省尚未有正式推廣之藥劑，農民大多聽從藥商之推薦缺乏試驗根據。曾氏[2]言玉米銹病藥劑防治無效，可能因使用無效之藥劑或因施用時期與方法不當所致。

本研究之目的，(1)繼續配合育種計畫進行抗病育種，協助檢定本所種源(包括甜玉米及飼料玉米)及分離培育之材料對兩種銹病之抵抗性。(2)探討溫度對夏胞子發芽及存活之影響以保存夏胞子做為抗病篩選時之接種源及其他研究之用。(3)探討本省兩種玉米銹病菌是否有生理小種，做為抗病育種之指標。(4)探討一些殺菌劑對兩種銹病的預防及治療效果做為藥劑防治之參考。

材料與方法

一、抗病篩選：

(一) 病菌之培養——採用 Hooker及Yarwood 氏[12]之離葉法 (detached leaf method)，但經過改良，先於直徑 9 公分經過消毒之培養皿內放一薄層棉花，上面再加一層濾紙，然後以蒸餾水加蔗糖（5 %, v/w）及Kinetin (20μg/ml) 之溶液潤濕備用。溫室栽培之感病品種超甜玉米236號之新鮮葉片，先以自來水洗去表面之塵垢，再用剪刀裁成長度約七公分之片段，並以乾淨之濾紙或衛生紙吸去表面多餘之水份後，置於前述準備好之培養皿內，葉片之上表皮向上。從田間採集之病葉，取其新鮮夏胞子以含展着劑 (Tween 80, 100μg/ml) 之無菌蒸餾水製成胞子懸浮液，其濃度約為二萬個胞子/ml，最後再以經過殺菌之軟毛毛筆沾此胞子懸浮液均勻塗抹在培養皿內之葉片上，在室溫(24—28°C) 經過七至十天後即會有新的夏胞子堆及夏胞子產生，反覆進行以繁殖夏胞子，直至有足量之夏胞子供抗病篩選時接種之用為止[3]。

(二) 供試材料——共測定甜玉米夏威夷超甜 9 號與Suwan 1 號雜交以後之自交系後代 F_3及 F_4 663個品系及七十五年度全省區域試驗飼料玉米22個品種／系，材料均由本所農藝系提供。

(三) 檢定方法——仍以幼苗在溫室或生長箱內進行[3,8,18]，以長10公分寬15公分之塑膠袋裝消

毒土後種植供試品系，每品系一袋每袋三株，當玉米具三至四個展開葉片時用實驗室培養之接種源（2萬個胞子／ml），以花卉栽培用小型指壓式塑膠噴霧器接種，然後以透明塑膠布覆蓋保濕24小時後除去，普通型銹病保持在20—24°C，南方型銹病保持在24—28°C[18]，經過6—10天後調查病斑形態，無肉眼可見之病徵或爲退綠色黃斑者爲抵抗型（R），黑色壞死小點到小形夏胞子堆者爲中間型（M），夏胞子堆完全發育並產生許多夏胞子者爲感病型（S）[18,21]。

二、夏胞子發芽試驗：

將離葉法產生之新鮮夏胞子製成每ml含一萬個胞子之懸浮液（內含 Tween 80, 100 μg/ml），然後均勻散佈在2%水洋菜平板上，分別放在12、16、20、24、28及 32°C之恆溫箱中，經過2、4及8小時取出以乳酚液（lactophenol）固定，然後在顯微鏡下計算發芽百分率，當發芽管爲胞子長度一倍半時即視爲發芽，三重複每重複計算一百個胞子，試驗共進行三次求其平均值。

三、夏胞子存活試驗：

用眞空幫浦（vaccum pump）收集離葉法上產生之新鮮夏胞子於有蓋小指形管內，普通型銹病之胞子存放在－40、－5°C冰櫃內及2、12、20及28°C之恆溫箱中，南方型銹病菌之胞子存放在－40、－5°C之冰櫃及2、8、12、16、20、24及 28°C 之恆溫箱中，每隔10天取出一管仿上述之方法做發芽試驗，普通型之胞子在16°C南方型之胞子在24°C經過12小時後固定並計算其發芽百分率。

四、生理小種之研究：

(一) 供試菌之採集與純化——玉米生長季節不定期至栽培區採集病葉，於實驗室內以離葉法[3,12]在超甜玉米236號上繁殖，並挑取單一夏胞子堆依同法繼續繁殖以獲取單一夏胞子堆菌株（single uredium isolates）[24,25]，直到有足量之夏胞子供接種爲止，採集地點包括臺中神岡、雲林崙背、屏東高雄區改良場，臺東鹿野及花蓮吉安等地。

(二) 判別品種——前人之研究所採用的判別品種因人而異[5,6,15,16,17,22]，目前尚無一套通用之判別品種，但一般均由抗病品種與感病品種組成，因此本試驗採用一些本地感病種及獲自 CIMMYT 之抗病品系，普通型包括臺農 351 號、臺南5號、Rp_1g 79—109、A632，南方型包括 S. L. P. 20、70—2/6198、11Q/6199、67—1/Q6200等。

(三) 生理小種之鑑定——爲避免交互感染，接種試驗仍然在離葉法上進行，判別品種分別以無菌軟毛毛筆接種單一夏胞子堆菌株之胞子懸浮液（約2萬個胞子/ml，並含100μg/ml之展着劑Tween 80）後置於室溫，普通型銹病試驗期間約爲 18—24°C，南方型銹病爲 22—27°C，經過7—10天記載病斑形態，無肉眼可見之病斑到過敏性反應之細斑者爲抵抗型反應（R），夏胞子堆發育並產胞者爲感病型反應（S）。本試驗採用四個判別品種，兩種反應型，因此理論上可以區別 16 個生理小種（表一），將單一夏胞子堆菌株在判別品種上之反應與表一比對即可知屬於何生理小種。

表1. 生理小種鑑定時玉米銹病菌在四個玉米判別品種上可能之反應

Table 1. Possible reactions of four corn differential varieties for race identification of *P. sorghi* and *P. polysora*

判別品種 (Differential variety)		生理小種代號 (Race designation)															
普通型銹病菌 (*P. sorghi*)	南方型銹病菌 (*P. polysora*)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
臺農351號	S. L. P. 20	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	S	R	S	S	S	S
Rp_1g79—109	70—2/Q6198	R	R	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R	S	S	S
A632	11/Q6199	R	R	S	R	R	S	R	S	R	S	R	S	S	R	S	S
臺南5號	67—1/Q6200	R	S	R	R	R	S	S	R	S	R	R	S	S	S	R	S

R：抵抗型反應（Resistant reaction）；S：感病型反應（Susceptible reaction）

五、藥劑防治試驗：

(一) 供試藥劑及使用濃度——銹克優 (Plantvax) 75%W. P., 1,600 倍；賜加落 (Sicarol) 50%W. P., 1,500倍；利總寧 (Trimazone) 85% W. P., 750倍；克力保 (Calixin-M) 47% W. P., 1,000倍；殺可淨 (Sapxin) 30%E. C., 1,000倍；殺普 (Saprol) 18.6%E. C., 750倍；克力生 (Calixin) 84.2% E. C., 2,000倍，拜綠通 (Bayleton) 5% W. P., 1,000倍。

(二) 預防效果試驗——在溫室內仿抗病篩選之方法以塑膠袋種植感病品種臺南 5 號，每袋 3 株，俟 5 — 6 個葉片時將上述藥劑 (含100μg/ml之展着劑 Tween80) 以花卉栽培用小型指壓式塑膠噴霧器均勻噴灑在葉片表面，噴藥後第 1 、 3 、 5 、 7 、 9 、11天分別以同型噴霧器接種銹病菌之胞子懸浮液 (2 萬個胞子／ml)，每種藥劑每處理接種三袋，試驗共進行三次，接種後之植株置於生長箱內或網室內，但普通型銹病保持在18—24°C，南方型銹病保持在 22—27°C，以塑膠袋覆蓋保濕一天後除去，然後按正常方法管理，接種後 7 至10天調查藥效。

(三) 治療效果試驗——採用之方法和上述預防效果之試驗大致相同，所不同者爲先接種病菌，保濕一天使其侵入後分別在接種後第 1 、 3 、 5 、 7 天等施藥，第 7 天以後病斑已產胞故停止用藥，施藥後 7 至10天調查藥效。

(四) 田間試驗——供試玉米仍採用感病品種臺南 5 號，按一般正常方法種植及管理，當植株約30公分高時即可開始進行，因爲預防勝於治療，所以田間僅進行預防效果試驗，試驗田採完全逢機設計 (CRD) ，三重複，每個噴藥小區 (experimental unit) 種植三行，每行長度 3 米，小區與小區之間有一行保護行以避免藥劑之相互干擾，試驗田四周之保護行在傍晚時以人工行噴霧接種銹病菌之夏胞子懸浮液 (2 萬個胞子/ml) 使其發病，然後田間灌水以維持高濕度有利於發病，保護行開始出現病斑時試區即可開始施藥預防銹病之發生。使用藥劑之名稱及濃度如前所述，至於施藥間隔日數乃按照該藥劑在其他作物上使用之標準，除利總寧每 5 天一次，克力保及克力生每 7 天一次外，其他藥劑均10天一次。普通型銹病在 2 — 4 月進行，南方型銹病在 5 — 6 月進行，因爲這段期間很適合於病害之發生及容易採得大量之接種源，以完全不施藥者爲對照區，當對照區發病嚴重間即可調查藥效。

(五) 藥效調查方法——無施藥之對照區爲嚴重感染以〃卌〃表示，病斑數較少者以〃卄〃表示，病斑數很少者以〃＋〃表示，無肉眼可見之病徵者以〃－〃表示，若病斑已經形成，但施藥後病斑枯乾並失去產胞能力則先記載病斑數目後再加上括弧以之區別。

結　　果

一、抗病篩選：

夏威夷超甜 9 號及Suwan 1 號雜交以後之自交系F_3或F_4 共663個品系對南方型銹病均呈現感病型反應，對普通型銹病經過三次接種均呈現抗病型反應者有 206個品系，三次中兩次表現抗病一次感病型反應者有74個品系，播種三次但只有二次有發芽並經接種均呈抗病型反應者有57個品系，播種三次但只有一次發芽，經接種亦呈抗病型反應者有15個品系，第一次試驗即表現感病型反應，因此未進行第二次試驗者有 311個品系。七十五年度全省區域試驗22個品系中對普通型銹病表現抗病者有 7 個品系以及對照品種臺農 351號，中間型有 3 個品系，感病型有11個品系，但均未發現抗病南方型銹病之品系，僅有 2 個中間型，其餘20個品系均爲感病型反應 (表二) 。

二、夏胞子發芽試驗：

無論南方型銹病菌或普通型銹病菌幾乎均在 2 小時內就全部發芽，以後即使增加仍然有限(表三)。若依溫度而論，普通型銹病菌在 12 至 28°C 均發芽良好，但以12及 16°C 最佳，而南方型銹病菌僅在24及 28°C 較優 (表三、圖一、圖二) 。南方型銹病菌在低溫 (16—20°C) 所產生之胞子比高溫 (24—30°C) 所產生者發芽率爲高 (表四) 。

三、夏胞子存活試驗：

表2. 七十五年度全省區域試驗玉米品種／系抗銹病檢定

Table 2. Screening of corn varieties/lines used in the 1984—1985 regional yield trials for resistance to the infection by *P. sorghi* and *P. polysora*

銹病名稱 (Rust name)	銹病反應 (Rust reaction)[a]		
	R	M	S
普通型銹病 (*P. sorghi*)	8[b]	3[c]	11[e]
南方型銹病 (*P. polysora*)	0	2[d]	20[f]

a. 銹病反應： R——無肉眼可見之病徵或過敏性反應細斑（抵抗型）。
M——夏胞子堆細小而且產胞量甚少（中間型）
S——夏胞子堆完全發育並產生大量胞子（感病型）。

Rust reaction : R—Resistant, no visible symptoms or chlorotic flecks.
M—Moderately resistant or moderately susceptible necrotic flecks or with medium size not fully developed uredia.
S—Susceptible, with fully developed uredia which sporulated abundantly.

b. 84F—14, 85W—1, 85W—2, 85W—3, 85W—4, 85W—6, 85W—9，臺農351號。

c. PS 5, PS 53, PS 57.

d. 85W—2, 85W—4.

e. PS 1, 84F—3, 84F—11, 84F—12, 84W—5, 85W—7, 85W—8, 85W—10，臺南5號，臺南11號，臺南16號。

f. PS 1, PS 5, PS 53, PS 57, 84F—3, 84F—11, 84F—12, 84F—14, 85W—1, 85W—3, 85W—5, 85W—6, 85W—7, 85W—8, 85W—9, 85W—10，臺南5號，臺南11號，臺南16號，臺農351號。

表3. 普通型及南方型玉米銹病菌在不同溫度及時間之發芽百分率[a]

Table 3. Percentage of uredospore germination of *P. sorghi* and *P. polysora* at different temperatures in times[a]

溫度 (°C) (Temperature)	*P. sorghi*			*P. polysora*[b]		
	2hr.	4hr.	8hr.	2hr.	4hr.	8hr.
12	79%	82	86	2	3	2
16	81	83	85	2	2	2
20	80	81	84	21	18	23
24	75	77	78	55	53	56
28	78	79	79	56	56	55
32	21	26	27	11	9	12

[a]. 試驗在2%水洋菜上進行三次，三重複之平均值。

Experiments were conducted on 2% water agar plates with 3 replicates and the experiments were run 3 times.

[b]. 室溫 (24—30°C) 產生之夏胞子。

Uredospores were produced at room temperatures (24—30°C)

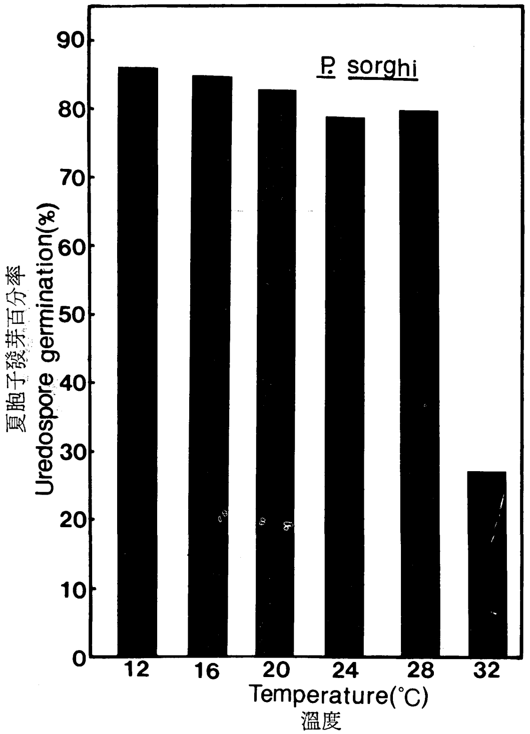

圖1.玉米普通型銹病菌在不同溫度於 2 %水洋菜經過 8 小時之發芽百分率

Fig. 1. Germination percentage of uredospores of *P. sorghi* at different temperatures after eight hours on 2% water agar plates.

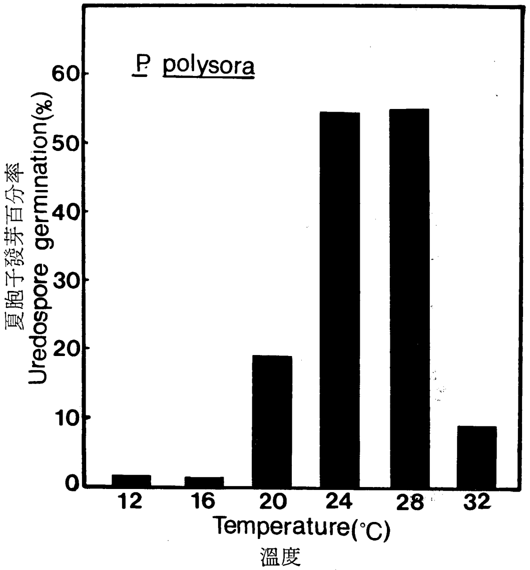

圖2.玉米南方型銹病菌在不同溫度於 2 %水洋菜經過 8 小時之發芽百分率

Fig. 2. Germination percentage of uredospores of *P. polysora* at different temperatures after eight hours on 2% water agar plates.

表4.玉米南方型銹病菌在不同溫度產胞與發芽之關係

Table 4. Relationship between sporulation temperature and germination percentage of uredospores of *P. polysora*

產 胞 溫 度 (Sporulation temperature)	發 芽 百 分 率 [a] (Germination %)
	Min. —(X̄)—Max.
16—20°C	50—(78)—92%
24—30°C	23—(37)—56%

[a] 發芽試驗在 2 %水洋菜平板於24°C經過 8 —12小時

Germination tests were conducted on 2%water agar plates at 24°C for 8—12 hours.

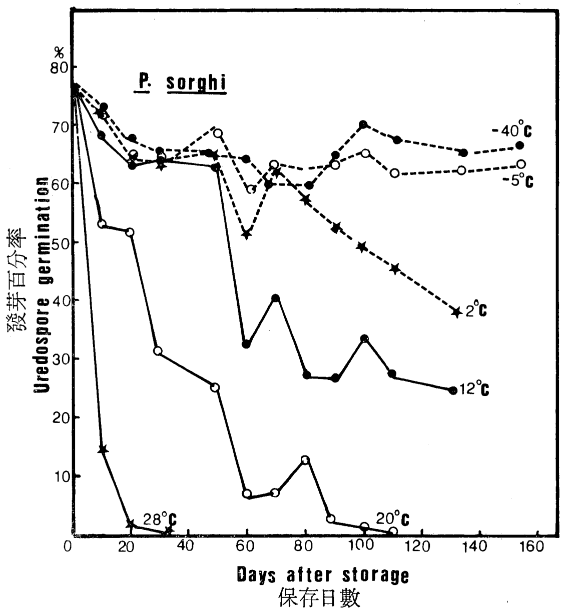

圖3.玉米普通型銹病菌夏胞子在不同溫度之存活試驗

Fig. 3. Survival of uredospores of *P. sorghi* at different temperatures in times

普通型銹病菌之夏胞子在—40或－5°C保存150天後仍有60至70%之發芽率，但 28°C經過一個月才完全失去發芽力（圖三），但南方型銹病菌在—40或－5°C 或20°C 經過大約10天即不發芽，只有在28°C稍微好些，但經過60天後發芽率亦降至14%（圖四），以上結果顯示普通型銹病菌之保存較爲容易，而且低溫更爲理想，但南方型銹病菌之夏胞子的保存則比較困難。

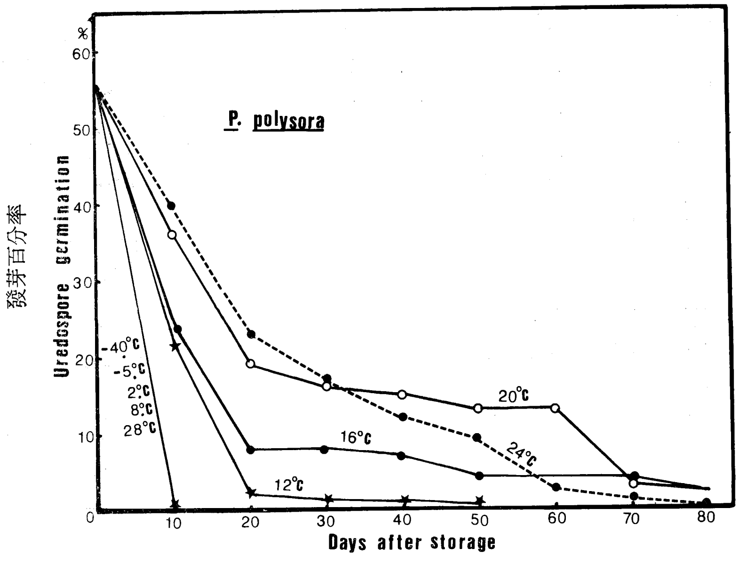

圖4.玉米南方型銹病菌夏胞子在不同溫度之存活試驗
Fig. 4. Survival of uredospores of *P. polysora* at different temperatures in times

四、生理小種之研究：

所有普通型銹病菌（*P. sorghi*）之單一夏胞子堆菌株均不感染臺農351號、Rp_1g79—109及A632，但均可感染臺南 5 號，與表一之反應比對結果知本省目前之*P. sorghi* 均爲Race 2，並未有生理分化之現象。而南方型銹病菌（*P. polysora*）則明顯有生理分化之現象，本試驗共鑑定有 Race 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、15、16等13個生理小種，臺農351號對此13個生理小種均無抵抗性，若依地方區分，臺中神岡及屏東高雄區改良場各有 8 個生理小種，雲林崙背及臺東鹿野各有 7 個生理小種，花蓮吉安有 9 個生理小種（表五），本試驗共純化*P. polysora*單一夏胞子堆菌株272個，按其分體情形顯示本省主要爲Race 3、5、10、15、16，尤其Race 16最多佔29.4%（表六），若依生理小種區分，花蓮主要爲Race 10及15，臺東及屏東主要爲 Race 16，雲林主要爲Race 3、5、10、15，臺中主要爲Race 3及10（表五、表六）。

五、藥劑防治試驗：

室內之幼苗法試驗結果顯示銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普對兩種銹數之預防效果較佳，施藥後可保護11天尚不致受銹病菌感染，克力生及拜綠通之效果較不理想（表七）。治療效果顯示只有銹克優及賜加落較佳，因爲它們可以使已經形成之病斑失去產胞能力並枯死，殺可淨及殺普必須在接種後 3 天以內使用效果較好，若病斑已經形成則效果較差，其他藥劑之治療效果均不理想（表七）。田間試驗之結果和室內者大致相同，仍以銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普等五種藥劑之預防效果較佳，銹克優及賜加落亦可使產胞之病斑枯乾並失去產胞能力（表八）。

表5. 本省五處所採集玉米南方型銹病菌之生理小種

Table 5. Races of *P. polysora* collected at five locations in Taiwan

採集地 (Location)	生理小種號碼 (Race designation)									
臺中 (Taichung)	Race	3*,	5,	6,	8,	10*,	11,	15,	16	
雲林 (Yunlin)	Race	3*,	5*,	8,	9,	10*,	15*,	16		
屏東 (Pingtung)	Race	3,	5,	8,	10,	11,	13,	15,	16*	
臺東 (Taitung)	Race	3,	5,	10,	12,	13,	15,	16*		
花蓮 (Hualien)	Race	3,	4,	7,	8,	10*,	11,	12,	15*,	16

*主要生理小種 (Major races)

表6. 玉米南方型銹病菌13個生理小種之單一夏胞子堆菌株在五個採集地之分佈情形

Table 6. Distribution of single uredium isolates of the thirteen identified races of *P. polysora* in the five collections

生理小種 (Race)	採集地 (Collection location) 臺中 (Taichung)	雲林 (Yunlin)	屏東 (Pingtung)	臺東 (Taitung)	花蓮 (Hualien)	小計 (Subtotal)	百分比 (%)
*3	11	13	4	1	4	33	12.1*
4					2	2	0.7
*5	4	14	8	1		27	10.0*
6	2					2	0.7
7					3	3	1.1
8	2	1	3		4	10	3.7
9		2				2	0.7
*10	9	15	8	7	10	49	18.0*
11	1		5		3	9	3.3
12				1	3	4	1.5
13			1	8		9	3.3
*15	4	10	9	7	12	42	15.4*
*16	2	3	22	47	6	80	29.4*
總計 (Grand Total)						272	99.9

*主要生理小種 (Major races)

表7. 殺菌劑對玉米兩種銹病之預防及治療效果（溫室試驗）[a]

Table 7. Preventive and curative efficacy of fungicides for the control of corn rusts (*P. sorghi* and *P. polysora*) in the greenhouse

殺菌劑 (Fungicide)	預防效果 (Preventive efficacy) 接種前第幾天施藥 (The day of spraying before inoculation)						治療效果 (Curative efficacy) 接種後第幾天施藥 (The day of spraying after inoculation)			
	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7
銹克優 (Plantvax)	–	–	–	–	–	–	–	(+)	(+)	(+++)
賜加落 (Sicarol)	–	–	–	–	–	–	–	–	(–)	(+++)
利總寧 (Trimazone)	–	–	–	–	–	–	+++	+++	+++	+++
克力保 (Calixin-M)	–	–	–	–	–	–	+++	+++	+++	+++
殺可淨 (Sapxin)	–	–	–	–	–, +	–, +	(+)	(+)	++	+++
殺普 (Saprol)	–	–	–	–	–	–	–	(+)	++	+++
克力生 (Calixin)	+	++, +++	++	++	++	++	+	++	+++	+++
拜綠通 (Bayleton)	+, ++	++	++	++	+++	+++	+	++	++	+++
對照 (CK)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

–：無肉眼可見病徵 (no visible symptoms)；+：少數病斑 (few lesions)

++：病斑數中等 (more lesions)；+++：病斑數很多 (abundant lesions)

(+)：少數壞死細斑 (few necrotic flecks)；(+++) 具有許多不產胞夏胞子堆枯死之病斑。(abundant lesions with drying and non-sporulating uredia)

表8. 殺菌劑對兩種玉米銹病之預防效果（田間試驗）

Table 8. Preventive efficacy of fungicides for the control of corn rusts (*P. sorghi* and *P. polysora*) in the field

殺菌劑 (Fungicide)	稀釋倍數 (Dilution)	施藥間隔日數 (Days between 2 sprays)	普通型 (*P. sorghi*)	南方型 (*P, polysora*)
銹克優 (Plantvax)	1,600X	10	–, (+)	–, (+)
賜加落 (Sicarol)	1,500X	10	–	–, (+)
利總寧 (Trimazone)	750X	5	–, +	–, +
克力保 (Calixin-M)	1,000X	7	–, +	–, +
殺可淨 (Sapxin)	1,000X	10	–, +	+
殺普 (Saprol)	750X	10	+	+
克力生 (Calixin)	2,000X	7	+++	+, ++
拜綠通 (Bayleton)	1,000X	10	+++	+++
不施藥對照 (CK)			+++	+++

–：無肉眼可見病徵 (no visible symptoms)；+：少數病斑 (few lesions)

++：病斑數中等 (more lesions)；+++：病斑數很多 (abundant lesions)

(+)：少數壞死枯乾疾斑 (few necrotic drying lesions)

討 論

美國飼料玉米之栽培因爲採用抗病品種已不受普通型銹病之威脅，而且由於已經有許多抵抗性基因在不同之品種被鑑定出來，育種時即同時考慮到抗病性之問題，因此在可預見的將來，普通型銹病在飼料玉米上仍不致猖獗[9]。本省現在的事實也顯示栽培抗病品種是病害防治最經濟而且有效的辦法，因爲以前玉米多在秋裡作栽培，氣溫較適合加上當時栽培之品種不抗病，因此普通型銹病發生普徧，現在因爲主要的推廣品種臺農 351號抗病，所以普通型銹病已不重要，而且普通型銹病已有 TA 80—1410等優良之抗源（source of resistance）[3]，七十五年度全省區域試驗品系中即有些是 TA 80—1410雜交之後代，它們也都抗普通型銹病（表二）因此除非新推出一個非常感病之品種，普通型銹病在飼料玉米也和美國一樣可能不致造成威脅。至於甜玉米雖然目前栽培最多的超甜 236號不抗病，但本研究已找到許多抗源，若育種時能同時注意抗病性的問題，將來育成適合本省栽培抗普通型銹病之品種應該不成問題。

南方型銹病是目前飼料玉米最主要的葉部病害，也因爲所栽培之品種不抗病所致，筆者雖然找到一些抗源[3]，但與普通型銹病相比仍不甚理想，當時懷疑病菌可能有生理分化之現象，而且沒有一個品種可以抗所有之生理小種所致，同一品系在不同次的重複試驗中對銹病之反應有時不一致，當時也懷疑可能是因爲每次所採用之接種源中所含之生理小種及其所佔的比例不同所致[3]，以上諸疑點本研究均已證實，當然若一個品系仍在繼續分離，不同次別之試驗或同一次試驗不同之植株反應也會不一致，此時必須逐次選拔才能獲得抗病性穩定的品系。

文獻記載普通型銹病菌（*P. sorghi*）有14個生理小種[15]，但以本試驗之判別品種鑑定之結果未具有生理分化現象使得普通型銹病在本省較爲單純，但南方型銹病菌（*P. polysora*）則不同，雖然僅報告有 9 個生理小種[16,17,22]，但本研究顯示有13個生理小種（表六），因爲所採用之判別品種不同所以無法比較；本省目前沒有任何一個品種可抗此13個生理小種，而且它們都可感染主要栽培品種臺農351號，遂造成南方型銹病之猖獗。自CIMMYT引進之材料中 67—1/Q6200 是目前最好的抗源，它可抗 Race 3、5、10及15等 4 個主要的生理小種（major race），其次爲70—2/Q 6198 可抗 Race 3、5、10等 3 個主要生理小種，S. L. P. 20及11/Q 6199分別能抗 Race 3及Race 5 等 1 個主要生理小種（表一、表五、表六），由於 Race 16分佈最廣所佔的比例也高達29.4%，因此若能育成一個能抗Race 16的品種，南方型銹病之威脅即可減輕許多，同時有必要找尋其他更好的抗源。

發芽試驗結果顯示玉米銹病菌在 2 小時內即可發芽（表三），此與Hollier及King氏[8]報告 *P. polysora* 在 22°C 只需 4 小時即可完成感染可相呼應，至於發芽最適合之溫度，Weber[23]報告*P. sorghi*以16—18°C 最佳，本試驗則以12及 16°C 最好但12至 28°C 均發芽良好（圖一），顯示本省之 *P. sorghi* 適合發芽之溫度較廣，更有利於病菌之生存，同時 *P. polysora* 最適合發芽之溫度爲24及28°C（表三、圖二）亦符合本病多發生在熱帶及亞熱帶之原則。至於爲何*P. polysora* 在低溫（16—20°C）時所產生之胞子其發芽率比高溫（24—30°C）時高，此爲胞子生理方面之問題，有待研究。

存活試驗顯示普通型銹病菌（*P. sorghi*）夏胞子之保存較容易，它在－40°C或－5°C保存150天後仍有60—70%之發芽率（圖三），它的中間寄主（alternate host）黃花酢醬草（*Oxalis corniculata*）[12]本省到處可見，但未具有春子器（aecial stage）存在，此情形和美國之情形相似，美國南部各州之黃花酢醬草也很少有春子器，但墨西哥境內者很多，因此初次感染源（primary inoculum）多來自墨西哥。南方型銹病菌（*P. polysora*）之保存則有困難，僅在中溫（20°C）保存稍好，但經過60天後發芽率亦降至14%（圖四），它亦未有中間寄主報告，在本省幾乎全年都有人種植玉米，病菌可能就靠這些寄主終年綿延不斷。

室內試驗顯示銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普等噴灑後11天仍有預防效果（表七），但田間試驗除利總寧每 5 天施藥一次，克力保每 7 天施藥一次外，其他藥劑每10天施藥一次，

兩者似不一致，但田間試驗乃按照這些藥劑推荐在其他作物上之標準而定，室內試驗目的在探討這些藥劑最長能保護多久，兩者目的不同，而且室內之條件如露水及光線等亦和田間不同，兩者不能混爲一談，但田間及室內試驗均顯示上述六種藥劑均有預防效果是無可置疑的（表七、表八）治療試驗顯示只有銹克優及賜加落效果較優（表七），它們可使已產胞之病斑枯死並失去產胞能力，殺可淨及殺普必須在產胞前使用否則效果減低，至於田間到底要多久施藥一次最經濟又有效，仍有待研究。除本試驗之藥劑外，其他藥劑限於人力物力及時間無法同時進行。藥劑防治在甜玉米由於經濟價值較高植株也小或許可行，但飼料玉米長中後期植株高大施藥困難，因此仍以育成抗病品種最爲理想。

引用文獻

1. 孫明賢、侯信雄、曾建銘・1976・臺灣玉米之銹病・植保會刊18(4)：405（摘要）
2. 曾建銘・1982・玉米病害・行政院科技顧問組植物保護研究聯繫協調小組報告：162—165・行政院農業委員會發行。
3. 葉忠川・1984・玉米銹病判別與抗病篩選・中華農業硏究33：306—315。
4. 澤田兼吉・1943・玉蜀黍銹病・臺灣產菌類調查報告9：59。
5. Bergquist, R. R. and A. J. Pryor. 1984. Virulence and isozme differences for establishing racial identity in rusts of maize. Plant Disease 68 : 281—283.
6. Futrell, M. C., A. L. Hooker, and G. E. Scott. 1975. Resistance in maize to corn rusts, controlled by a single dominant gene. Crop Science 15 : 597-599.
7. Hagan, W. L., and A. L. Hooker. 1965. Genetics of reaction to *Puccinia sorghi* in eleven corn inbred lines from central and south America. Phytopathology 55 : 193—197.
8. Hollier, C. A. and S. B. King. 1985. Effect of dew period and temperature on infection of seedling maize plant by *Puccinia polysora*. Plant Disease 69 : 219—220.
9. Hooker, A. L. 1969. Widely based resistance to rust in corn. Pages 28-34 in J. A. Browning (ed). Disease consequences of intensive and extensive culture of field crop. Iowa Agr. & Home Econ. Exp. Sta. Special Report 64. 56pp.
10. Hooker, A. L., and W. A. Russell. 1962. Inheritance of resistance to *Puccinia sorghi* in six corn inbred lines. Phytopathology 52 : 122-128.
11. Hooker, A. L., G. F. Sprague, and W. A. Russell. 1955. Resistance to rust (*Puccinia sorghi*) in corn. Agron. J. 47 : 388.
12. Hooker, A. L., and C. E. Yarwood. 1966 . Culture of *Puccinia sorghi* on detached leaves of corn and *Oxalis corniculata*. Phytopathology 56 : 536-539.
13. Hou, H. S., J. M. Tseng, and M. H. Sun. 1976. Occurrence of corn rusts in Taiwan. Plant Dis. Reptr. 62 : 183—186.
14. Lee, B. H., A. L. Hooker, W. A. Russell, J. G. Dickson and A. L. Flangas. 1963. Genetics relationships of alleles on chromosome 10 for resistance to *Puccinia sorghi* in 11 corn lines. Crop Science 3 : 24—26.
15. LeRoux, P. M., and J. G. Dickson 1975. Physiology, specialization, and genetics of *Puccinia sorghi* on corn and *Puccinia purpurea* on sorghum. Phytopathology 47 : 101—107.
16. Robert, A. L. 1962. Host ranges and races of the corn rust. Phytopathology 52 : 1010-1012.
17. Ryland, A. K., and H. H. Storey. 1955. *Physiological* races of *Puccinia polysora* Underw. Nature 176 : 655.
18. Schieber, E. and J. G. Dickson. 1963. Comparative pathology of three tropical corn rusts. Phytopathology 53 : 517—521.
19. Scott, G. E., S. B. King, and J. W. Armour Jr. 1984. Inheritance of resistance to southern corn rust in maize populations. Crop Science. 42 : 265-267.

20. Shurtleff, M. C. (ed) 1973. A compendium of corn diseases. American Phytopathological Society 64pp.

21. Storey, H. H., and A. K. Howland, 1957. Resistance in maize to the tropical american rust fungus, *Puccinia polysora* I. Genes Rpp_1 and Rpp_2. Heredity 11(3) : 289—301.

22. Ullstrup, A. J. 1955. Inheritance and linkage of a gene determing resistance in maize to an american race of *Puccinia polysora* , Phytopathology 55 : 425—428.

23. Weber, G. F. 1922. Studies on corn rust. Phytopathology 12··89—97.

24. Yeh, C. C. 1983. Physiological races of *Phako sora pachyrhizi* in Taiwan. J. Agr. Res. China 32 : 69—74.

25. Yeh, C. C. 1983. Screening common beans for rust resistance and physiological races of bean rust fungus in Taiwan. J. Agr. Res. China 32 : 259—269.

Studies on Rusts of Maize[1]

C. C. Yeh[2]

Summary

Common rust (*Puccinia sorghi*) and southern rust (*P. polysora*) of maize were occurred in Taiwan. This research was attempted:(i) to screen germplasm and segregating breeding lines of dent and sweet corns for resistance to breed rust-resistant and high yield varieties; (ii) to study the effect of temperature on the germination and survival of uredospores for the manipulation of inoculum in the screening and for the preservation of uredospores for further studies; (iii) to explore the physiological races and their distribution, if any, of *P. sorghi* and *P. polysora* in Taiwan, and (iv) to evaluate the preventive and curative efficacy of some fungicides for the control of maize rusts. Corn seedlings with 3—4 leaves were inoculated with uredospore suspension in the greenhouse or growth chamber depending upon air temperatures. Of the 663 tested F_8 and F_4 lines of sweet corns from the crosses between Hawaii Super Sweet 9 and Suwan No. 1, two hundred and six lines were resistant to the infection by *P. sorghi* but they were all susceptible to *P. polysora.* Among the 22 varieties and/or lines used in the 1984—1985 regional yield trials, 7 lines and the check cv. Tainung 351 were resistant to *P. sorghi* but no one was resistant to *P. polysora.* The optimum temperatures for the uredospore germination of *P. sorghi* were observed between 12 and 28°C whereas *P. polysora* were found at 24 and 28°C. If the condition is appropriate, viable uredospores germinated in two hours. Higher percentage of germination was observed

---

1. Contribution No. 1262 from Taiwan Agricultural Research Institute. Research supported in part by the Council of Agriculture, Executive Yuan.

2. Associate Plant Pathologist, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, Republic of China.

in the uredospores of *P. polysora* produced under cool temperatures (16—20°C) than that produced under warm tempratures (24—30°C). After 150 days stored at −40 and −5°C, 60—70% of the uredospores of *P. sorghi* were still able to germinate, however, *P. polysora* completely lost its germination ability after 10 days either at −40°C or −5°C. No viable uredospores were observed after 10 days for *P. polysora* and 30 days for *P. sorghi* at 28°C. The uredospore germination of *P. polysora* reduced from 55 to 14% after 60 days at 20°C which was the best temperature to preserve uredospores. Rust samples were collected from five corn-growing areas in Taiwan. Isolates from single uredium were purified and multiplied by the detached leaf method on the leaf segments of a susceptible sweet corn cv. Honey 236 in petri plates. Based on the reaction of the four differential varieties, all isolates of *P. sorghi* belonged to Race 2. However, 13 races of *P. polysora* were identified, they were Race 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, and 16. There were 8, 7, 8, 7, and 9 races of *P. polysora* were identified in the Taichung, Yuinlin, Pingtung, Taitung and Hualien collections, respectively, and the major races in the respective location were Race 3, 10; Race 5, 10, 15; Race 16; Race 16; and Race 10, 15. Among the fungicides tested in the greenhouse and field, Plantvax, Sicarol, Trimazone, Calixin-M, Sapxin and Saprol satisfactorily prevented corn plants from rust infection. However, only Plantvax and Sicarol were found with curative efficacy because they inhibited the development of rust pustules and/or killed the uredia in the lesions, then these uredia failed to produce uredospores. Sapxin and Saprol should be used in the early stage of infection before the production of uredospores.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 35(1) : 94~98 (1986)

Etiological Studies on the Banana Bunchy Top[1]

I-lang Yang, Ting-chin Deng and Shu-ya Wu[2]

Abstract: Hand-section of tissues of bunchy top diseased banana plants were examined under a reflecting fluorescence microscope. A distinctly specific bright fluorescence was observed in these phloem tissues of lamina veins, midribs, sheaths, corms and roots. Symptomless suckers taken from infected stool also gave a weak fluorescent reaction. These specific reactions were phloem-limited, and were not observed in the healthy banana plants. Leaf sections prepared from both diseased and healthy plants of banana were also examined under light microscope after treatment with Dienes' stain. No specific blue staining was noticed in these phloem tissues. These results indicated that the banana bunchy top disease is probably not of a mycoplasmal etiology and that a phloem-limited etiology may possibly be involved.

Banana bunchy top (Bbt) was first reported as a new disease destructive to banana cultivation in Fiji Island in 1891 by Knowless and Jepson (cited by Sun, 1961)[(4)]. The disease was considered to be of viral origin on the basis of its transmission by the banana aphid *Pentalonia nigronervosa* Coq.[(4,5)]. Chen (1972) made electron microscopy of Bbt infected banana plants and observed mycoplasma-like organisms (MLOs) in the epidermal cells in the disease material[(1)]. This observation led him to propose a mycoplasmal etiology for banana bunchy top, in spite of the fact that epidermal cells do not appear to be a normal site for MLO localization. In either case, the evidence seems inconclusive and a confirmation is needed.

Recently, some simple techniques for diagnosing plant diseases due to phloem-limited viruses or mycoplasmas by light microscopy have been reported[(2,3)]. Namba *et al.* (1981) used a reflecting fluorescence microscope (RFM) for the detection of plant infections by phloem-limited viruses and MLOs[(3)]. Deeley *et al.* (1979) described a method using Dienes' stain (DS) for the detection of plant MLOs[(2)]. We made attempts to clarify the etiological problem of banana bunchy top by simultaneous applications of the RFM and DS techniques. The distribution and relative intensity of fluorescent reactions in the phloem tissues of Bbt diseased plants were also studied.

Bunchy top diseased banana plants showing typical symptoms (Fig. 1a), symptoml-

---

1. Contribution No. 1263 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Plant Pathologist, Assistant plant pathologist and Research Assistant, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

ess suckers from diseased plants and healthy plants of Hsien-jen chiao (*Musa sapientum* L.) were collected from banana plantations in the Taichung and Nantou areas. Hand-sections of plant tissues from leaves, sheaths, corms and roots were examined under a reflecting fluorescence microscope (RFM, Zeiss Standard XBO-75W) after the method of Namba *et al.* (1981) [3]. Hand-sections of phloem tissues from both diseased and healthy banana plants were also examined for Dienes' stain reactions under a light microscope (LM) [2].

Direct fluorescence microscopy of tissue sections from 21 Bbt diseased banana plants showed a distinctly bright yellow or greenish yellow color in the phloem cells, a yellow, yellowish green or green color in the vessel well, a pale green or yellow color in the cortex and a red or reddish brown color in the chloroplasts under different filter combinations. The specific bright yellow fluorescence was observed in the cytoplasm of phloem cells only (Fig. 1b, c, e). No such fluorescence was observed in the phloem tissues of 162 tested healthy plants (Fig. 1e). Accordingly, the observed phloem reaction was specific to the infection of banana plants with bunchy top disease. The specific yellow fluorescence was most intense in sections prepared from midribs. Moderate amount of fluorescence was observed in sections of sheaths and corms. The roots and symptomless suckers from diseased plants gave a rather weak fluorescent reaction (Table 1). This result indicates that a phloem-limited etiology may possibly be involved [3].

Table 1. Distribution of fluorescent reactions specific to banana bunchy top infection in different parts of banana plant observed under reflecting fluorescence microscope

Materials for examination	No. of plants tested	Relative intensity of fluorescence in phloem tissues(a)
Diseased plant	21	
Leaf		
Lamina veins		+++
Midribs		++++
Sheath		
Upper parts		+++
Middle parts		++
Basal parts		++
Corm		
Central parts		++
Outer parts		++
Root		
Small roots		±
Branched roots		±
Main roots		+

Symptomless sucker	4	
Veins		+
Sheaths		+
Healthy plant	162	
Leaf		
Lamina veins		—
Midribs		—

(a)Number of plus symbols indicate severity of fluorescent reaction in phloem cells.
++++ : most severe. +++ : severe. ++ : intermediate.
+ : mild. ± : very mild. — : none.

Light microscopic observations of both diseased and healthy tissues after treatment with Dienes' stain did not reveal a specific blue staining in the phloem, though some materials of unknown nature were observed to accumulate in the infected phloem cells (Fig. 1d, f). This result indicates that the Bbt may not have a mycoplasmal etiology [2].

Acknowledgements

This study was supported by a grant (NSC74—0409—BO55—04) from the National Science Council, Republic of China. The authors are indebted to Drs. H. J. Su, and R. J. Chiu, for their suggestions and support in this study.

References

1. Chen, M. J. 1972. Electron microscopic studies of plant pathogenic mycoplasma found in Taiwan. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC. Part II, 5, 61-78. (in Chinese with English summary.)
2. Deeley, J., W. A. Stevens and R. T. V. Fox. 1979. Use of Dienes' stain to detect plant diseases induced by mycoplasma-like organisms. Phytopathology, 69, 1169-1171.
3. Namba, S., S. Yamashita, Y. Doi and K. Yora. 1981. Direct fluorescence detection method (DFD method) for diagnosing yellows type virus diseases and mycoplasma diseases of plants. Ann. Phytopath. Soc. Japan, 47, 258-263.
4. Sun, S. K. 1961. Studies on the bunchy-top disease of banana. College of Agriculture, National Taiwan Univ. Special Publication, 10, 82-109. (in Chinese with English summary.)
5. Yang, I. L. 1970. Studies on the varietal resistance to bunchy top disease of banana. J. Agri. Res. Taiwan, 17(1), 1-7. (in Chinese with English summary.)

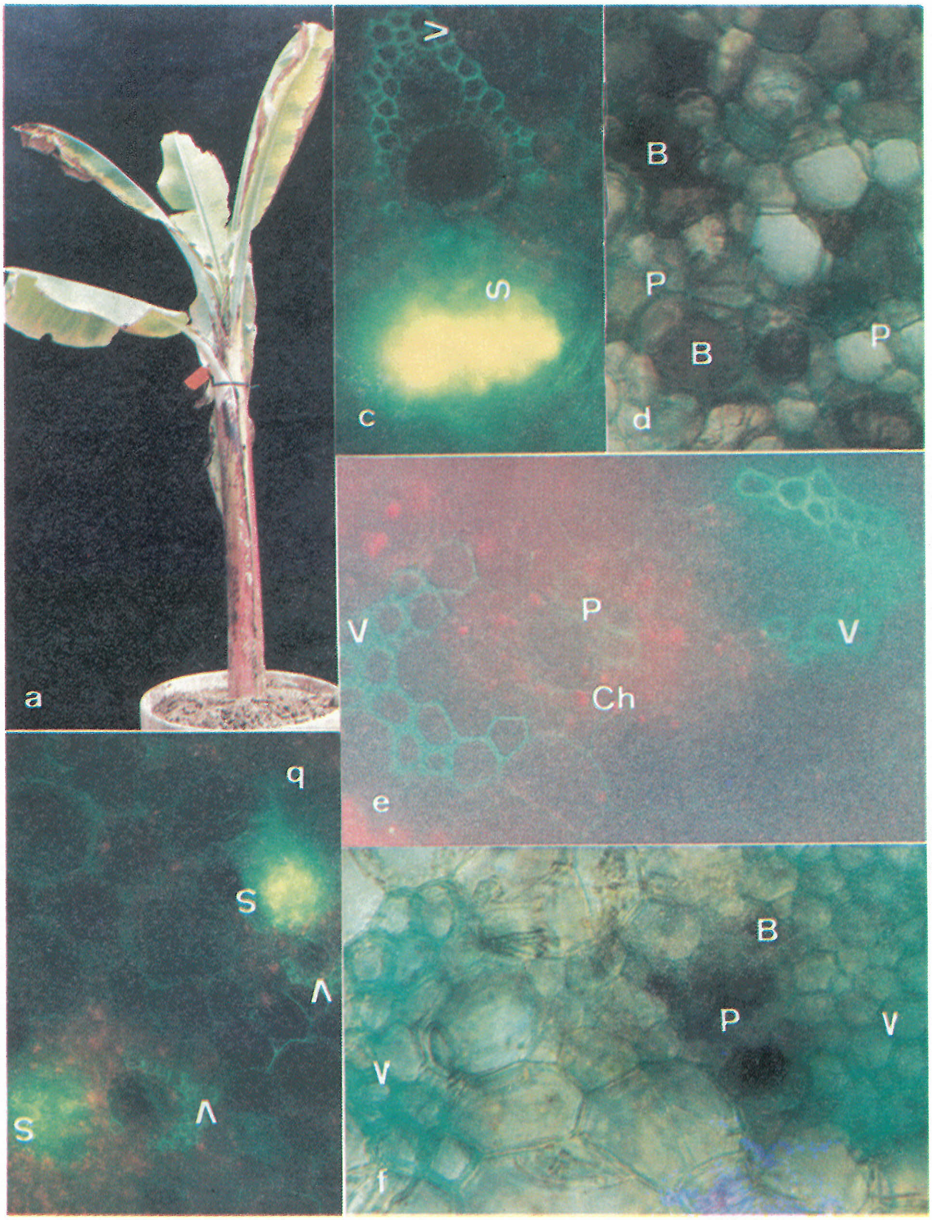

Fig. 1. Fluorescence and light microphotographs of vascular bundles of banana plants infected with bunchy top. Specific fluorescence reaction was observed only in the phloem cells of diseased plants and none of the infected phloem cells stains blue with Dienes' stain. S: specific fluorescence, P: phloem cells, V: vessel cells, Ch: chloroplasts, B: brown color in infected phloem cell. (a) A bunchy top (Bbt) diseased banana plant. (b) Midrib of Bbt plant. (c) Specific bright yellowish fluorescence in infected phloem cells. (d) Brown color in infected phloem cells treated with Dienes' stain under LM. (e) Lamina vein of healthy banana plant. (f) Midrib of Bbt plant treated with Dienes' stain.

香蕉萎縮病病原之研究[1]

楊一郎 鄧汀欽 吳淑雅[2]

摘 要

香蕉萎縮病病株組織之徒手切片，經反射型螢光顯微鏡觀察結果，在葉片、主脈、葉鞘、球莖、根部及病株之無病徵吸芽的篩管細胞，呈現顯著特殊螢光反應。這些特殊螢光反應局限於篩管組織。健全蕉株之篩管組織則無此反應。同時香蕉病株與健株葉部切片，亦以 Dienes' stain 染色處理後，經光學顯微鏡觀察，結果在該篩管組織皆無特殊性藍色染色反應，此項結果表示本病病原並非擬菌質體。本病病原或其與寄主植物反應生成物分佈於香蕉病株之葉部、葉鞘、球莖、根部及病株之無病徵吸芽苗之篩管組織。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告1263號。

2.本所植病系副研究員、助理研究員及計畫助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）35(1)：99～106（1986）

釋放赤眼卵蜂（*Trichogramma chilonis*）防治稻縱捲葉蟲及影響該蜂活動因子之研究[1]

陳 健 忠　　　邱 瑞 珍[2]

摘要：本試驗於民國72年在水稻移植後60天在稻田試行釋放稻縱捲葉蟲（*Cnaphalocrocis medinalis*）之卵寄生赤眼卵蜂（*Trichogramma chilonis*），放蜂率 19,000隻／公畝及 9,000隻／公畝，兩處理區在放蜂後均提高寄生率，但彼此差異不顯著。另在移植後85天進行第二次放蜂，結果兩處理區與對照區之寄生率亦無顯著差異。

又進行 *T. chilonis* 之爬行、飛行受溫度、濕度、風速、不同寄主植物之影響等研究，結果發現該蜂之爬行速率隨溫度之升高而增加。溫度若低於 25°C 時其活動速率開始降低。相對濕度大於92.0%或小於33.0%時其爬行速率顯著降低。風速小於 3.6m/sec 時則爬行速率差異不顯著。*T. chilonis* 在 6 種寄主植物上之活動以玉米葉背、甘蔗及柑橘葉片上之爬行速率最高，水稻、玉米葉表、甘藍葉次之，大豆葉最低。

稻縱捲葉蟲(*Cnaphalocrocis medinalis*)爲害水稻葉片，常使稻株生長延緩而影響穀粒稔實，減低產量，該蟲過去被視爲水稻之次要害蟲，近年來因其發生量年有增加，乃被認定爲水稻主要害蟲之一，其在本省之爲害面積已超過 3 萬 5 千公頃 (1)。目前該蟲之防治均依賴藥劑，一般使用之推廣藥劑雖具有優良之殺蟲效果，但農民習慣在被害癥狀出現後才開始施藥，此時幼蟲捲藏在葉片內，已錯過施藥殺蟲之適當時機，無法發揮藥效 (3)，因此若以生物防治法等配合使用可望挽回部分損失。

稻縱捲葉蟲之天敵目前已發現25種，包括21種寄生性昆蟲，2 種病原菌及 2 種蜘蛛；其幼蟲與蛹之被寄生率平均約爲24%，二期稻作時其卵之被寄生率達52.9% (2,5)，在 3 種卵寄生蜂中以赤眼卵蜂（*Trichogramma chilonis*）之寄生率占 96.4%顯示其乃稻縱捲葉蟲卵期之最重要天敵，其在田間對縱捲葉蟲族羣之控制能力實不容忽視。毛小蜂科之數種卵蜂（*Trichogramma* spp.）在植物保護方面之利用不乏成功實例，其防治該蟲之應用價值已被肯定 (4)。*T. chilonis* 在本省之記錄寄主包括爲害水稻、玉米、大豆、甘蔗、甘藍和柑橘等作物之10種重要害蟲，其在稻田之生態與產卵習性，筆者等已另文發表 (2)；爲謀充分發揮該蜂之生物防治潛能，提高其對寄主害蟲之寄生率，本文爰就影響該蜂活動之環境或氣象因子如溫度 (8,9,12)，濕度 (9)、風速及標的害蟲（target pest）之寄主植物等對該蜂之影響加以探究，期能探測得釋放該蜂防治稻縱捲葉蟲之最佳時機；並進行田間初步釋放試驗以觀其防治效果。

材料與方法

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1264 號。本研究承國立中興大學林俊隆教授協助分析資料，謹此誌謝。
2.本所應用動物系助理研究員、研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

田間釋放 *T. chilonis* 防治稻縱捲葉蟲試驗係在本所農場面積 1 公頃之二期作水稻田內進行。劃定面積 1 公畝（10×10m）爲 1 小區，自東向西順序排列爲放蜂19,000隻小區，放蜂 9,000隻小區及不放蜂之對照區，每小區間隔 30m，共 2 重複，重複間距離爲 45m。放蜂方法係將外米綴蛾卵用膠水黏在自黏標籤（2×3.4cm）之表面，在實驗室內供寄生蜂產卵寄生即成寄生蜂片，蜂片在 30°C恆溫下發育 5 天後取出儲存於 4°C 冰箱中備用。預定在田間之第二世代稻縱捲葉蟲成蛾發生盛期開始釋放，釋放時將卵片底紙撕下貼於靠近稻叢頂部之葉背，蜂片須均勻散布在各小區內。蜂片自冰箱中取出約經24小時後，寄生蜂便開始陸續羽化。放蜂前每小區逢機取樣 250片稻葉，調查葉上稻縱捲葉蟲卵之被寄生率，釋放後 7 天再用同法調查 1 次。

供影響 *T. chilonis*活動因子試驗用之寄生蜂係於70年採自萬豐本所農場，用外米綴蛾(*Corcyra cephalonica* Stain) 卵爲代用寄主，在 30°C 恆溫下繁殖迄今。試驗時係用馬錶計時，分別觀察雌、雄蜂在每 1 分鐘內之爬行距離，各 5 重複，方法如下：

(一) 溫度：將單隻 *T. chilonis* 接入充氣之透明塑膠袋(18×24cm)中，袋口用橡皮圈紮緊，在 5、10、15、20、25、30、 35°C 之恆溫箱內靜置10分鐘後，用簽字筆描繪其爬行路線，再用曲線測距器（curvimeter）測量其所爬行距離，同時記錄其飛行次數。

(二) 濕度：用 H_2O, KNO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $HgCl_2 \cdot 6H_2O$ 之飽和溶液各4cc. 及無水硫酸銅 4g 置於試管（1.5×18cm）內，用石臘伸縮膜（parafilm）封口，置於 25°C 恆溫箱內隔夜後可以調節試管內之相對濕度依次爲 100、92.0、80.3、55.0、33.0及 0 % [13,14]。取出試管微啓管口將 *T. chilonis* 接入再予封口，在 25±1°C 之室溫下，照（一）項方法記錄其爬行距離。

(三) 風速：風洞（wind tunnel）之設計是以一架電風扇（F）送風，用 PE 塑膠袋之開口端套住風扇，袋底剪開套住一長玻璃管（G, 14×61cm），並設置 1 個活動開口（O），調節風速爲每秒6.3、3.6、2.2、1.0、0.4 和 0m；風速之測定係將一架定向測風速器（A），置於玻璃管內測定後隨即移出。由於風速不會影響管內之氣溫，因此在玻璃管內放置 1 根溫度計（T），隨時監視使管內溫度維持 25±1°C，玻璃管旁用 1 台電熱器（H）控制溫度（如圖 1）。供試 *T. chilonis* 逐隻接入玻璃管內觀察其受風吹動之情形，並照（一）項方法記錄其爬行距離。

(四) 寄主植物：選取新鮮之水稻、玉米、甘蔗、大豆、甘藍、柑橘之葉片，使 *T. chilonis* 在葉片上爬行。並在室溫 25±1°C下，照（一）項方法記錄其爬行距離。

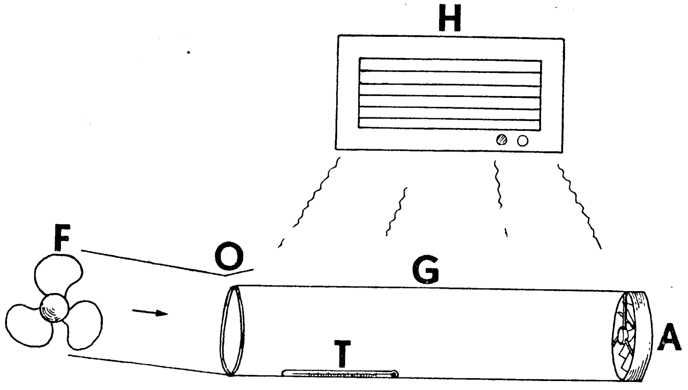

圖1. 風洞之設計，包括風扇（F），活動開口（O），電熱器（H），溫度計（T），玻璃筒（G），風速計（A）。

Fig. 1. A device of wind tunnel comprises fan(F), controllable opening(O), heater(H), thermometer(T), glass tube(G), anemometer(A)

結果與討論

本試驗於72年二期作水稻移植60天後，正逢第二世代稻縱捲葉蟲成蛾之發生盛期，第一次將 *T. chilonis* 釋放至田間，經7天後雖然未放蜂之對照區寄主卵被寄生率略為增加（見表1），但每公畝19,000隻與 9,000隻之兩釋放區在放蜂後其寄生率均較放蜂前顯著提高，但兩處理間差異不顯著。在水稻移植後85天進行第二次放蜂，結果其寄生率與釋放前差異不明顯，顯示均無防治效果；對照區之寄生率在放蜂前已達 52.8%，這與邱和陳[2]在71年用相同管理方法之鄰近稻田所調查之自然寄生率52.9%極為相近。

表1. 釋放 *Trichogramma chilonis* 防治稻縱捲葉蟲之結果

Table 1. Results of releasing *Trichogramma chilonis* on rice for the control of rice leaf roller (2nd crop, 1983 at Wangfeng)

每公畝釋放蜂數 No. of *T. chilonis* per are (in 1000's)	平均卵寄生率 % parasitism of eggs*			
	Pre-r1	Post-r1	Pre-r2	Post-r2
19	21.8	54.4	53.9	61.9
9	23.8	58.2	60.0	60.2
0	11.1	18.0	52.8	50.8

二重複平均值，r1：第一次放蜂（移植後60天），r2：第二次放蜂（移植後85天）。

* Average of 2 replicates, where, r1: first release (60 days after transplanting) and r2: second release (85 days after transplanting)

上述兩次釋放之寄生蜂片在田間之平均羽化率分別為93.1%與89.1%，均甚良好，故欲謀求提高寄生率達到防治稻縱捲葉蟲之目的，似應著眼於增加寄生蜂之釋放次數與釋放數量及把握最佳之釋放時機並繼續進行試驗。

溫度、濕度、風速和寄主植物等因子影響 *T. chilonis* 爬行速率之情形如下：

(一) 溫度：

T. chilonis 之爬行速率隨溫度之增高而增速（表2）。不同溫度處理對其活動之效應函數為 Y

表2. *Trichogramma chilonis* 在7種不同溫度下之爬行速率

Table 2. Mean rate of travel (cm/min) by *Trichogramma chilonis* at 7 temperatures*

溫度 Temperature (°C)	雌蜂 Female	雄蜂 Male
5	1.2 d	1.5 d
10	3.6 d	4.4 d
15	6.3 bcd	6.0 d
20	5.5 cd	14.4 c
25	10.1 bc	14.6 c
30	11.9 b	28.4 b
35	20.4 a	36.2 a

* 經F測驗，平均值後面之英文字母相同者表示在5%顯著水準下差異不顯著。

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by F-test

$=2.31-1.80S-0.16T+0.03T^2+0.23ST$，其中 S 表性別，T 表溫度，相關係數 $r=0.9129$，所示曲線如圖 2。由雌蜂爬行速率之平均值觀之，溫度若低於 25°C 似乎較不利於其活動，在田間雌蜂活動速率愈高其在單位時間內搜尋寄主之效率亦相對提高，有些學者用不同之溫度處理選擇較能適應釋放地區之赤眼卵蜂種類，並且以理論式估計寄生蜂之活動範圍[8,9,10]。

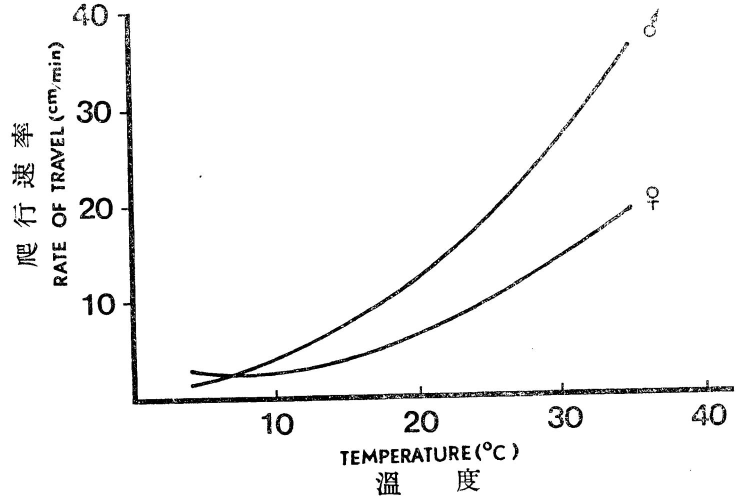

圖2. 溫度對 *Trichogramma chilonis* 爬行速率之影響

Fig. 2. Effects of temperature on the travel rate of *Trichogramma chilonis*

本試驗為期更能反應溫度對 *T. chilonis* 活動之效應，使用透明 PE 塑膠袋取代比熱較小之玻璃製品為材料，在觀察中發現在 20°C 以上雄蜂之飛行次數較雌蜂為多，前者平均每分鐘飛行 0.6-2.2次，後者僅0-0.2次。因此由雄蜂之爬行速率及飛行頻度觀之，雄蜂之活動能力顯然較雌蜂為强。由變方分析之結果亦可看出雌雄性別，溫度及兩者之交感作用差異均極顯著。

(二) 濕度：

由變方分析中單自由度 F-測驗之結果，得知就不同相對濕度之處理而言，*T. chilonis* 之爬行速率差異極為顯著，顯示相對濕度會影響其活動，就雌雄性別及其與不同相對濕度之交感作用而言，*T. chilonis* 爬行速率之差異不顯著。由平均值差異顯著性測驗結果（表 3）更進一步得知在相對濕度 Rh 大於 92.0%或小於 33.0%時 *T. chilonis* 之爬行速率顯著降低。其效應函數 Y=21.87+

表3. *Trichogramma chilonis* 在 6 種不同相對濕度下之爬行速率*

Table 3. Mean rate of travel (cm/min) by *Trichogramma chilonis* at 6 relative humidities*

相對濕度 Relative humidity (%)	雌蜂 Female	雄蜂 Male	雌雄平均 Mean
100.0	20.3 b	19.0 cd	19.6 b
92.0	29.8 a	23.7 cd	26.8 a
80.3	28.4 a	34.6 a	31.5 a
55.0	25.7 ab	26.6 bc	26.2 a
33.0	29.5 a	32.1 ab	30.8 a
0.0	19.7 b	18.1 d	18.9 b

* 經F測驗，平均值後面之英文字母相同者表示在 5 %顯著水準下，差異不顯著。

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by F-test

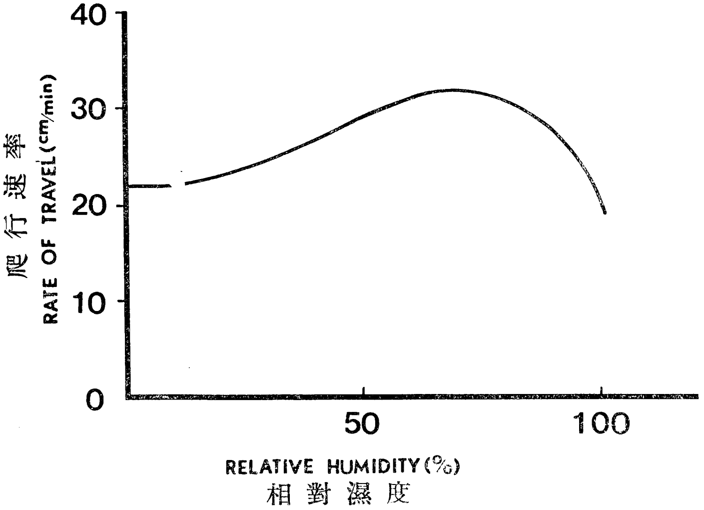

圖3. 相對濕度對 *Trichogramma chilonis* 爬行速率之影響

Fig. 3. Effects of relative humidity on the travel rate of *Trichogramma chilonis*

$0.003Rh^2$，相關係數 $r=0.5079$，所示曲線如圖 3。

在試管中，相對濕度 100%之試管內壁呈浸濕狀，有肉眼幾難辨視之小水滴， *T. chilonis* 攀爬其上時常無法控制而有滑落之現象，並見其用前、後足清理中足，觸角及翅等附器。在相對濕度爲 0 時，亦有同樣之清理動作。 不同種之赤眼卵蜂對不同相對濕度之反應各異 (9)； 在田間若有此現象即爲其對棲所或作物環境濕度適應性之表現。在稻田中 *T. chilonis* 之活動盛期爲正午至傍晚間 (2)， 入夜後氣溫降低，相對濕度增高至露點時，露水即形成，由於試驗乃知露水確爲限制田間寄生蜂活動之主要因子。

(三) 風速

由變方分析知風速 (W) 對雌雄蜂之爬行速率及風速與性別之交感作用差異不顯著。但不同風速對其爬行速率差異極爲顯著。其效應函數 $Y=25.88+5.10W-2.52W^2+0.03W^4-0.38SW$ ，相關係數 $r=0.8259$ 所示曲線如圖 4。由表 4 知風速在每秒 6.3m 時，其爬行速率明顯減低。此時，寄

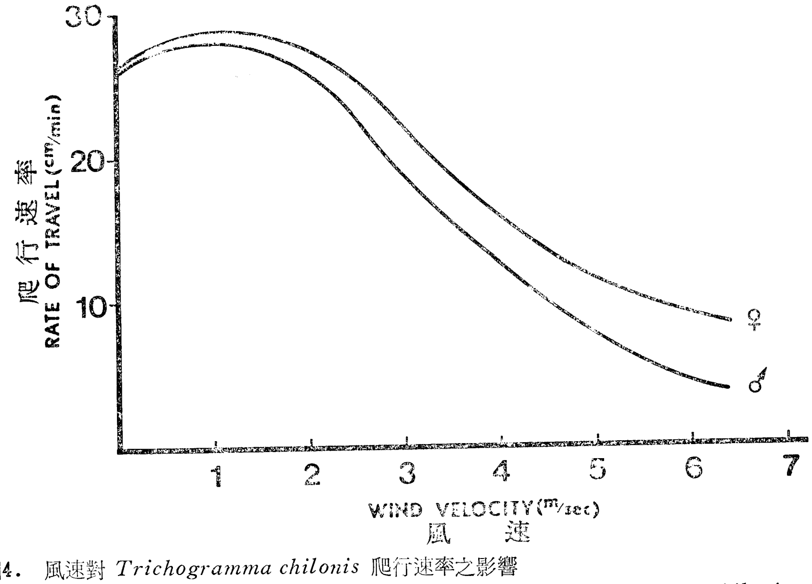

圖4. 風速對 *Trichogramma chilonis* 爬行速率之影響

Fig. 4. Effects of wind velocity on the travel rate of *Trichogramma chilonis*

表4. *Trichogramma chilonis* 在6種不同風速中之爬行速率*

Table 4. Mean rate of travel (cm/min) by *Trichogramma chilonis* at 6 wind velocities*

風 速 Wind velocity (m/sec)	雌 蜂 Female	雄 蜂 Male
6.3	7.3 c	4.9 c
3.6	20.8 b	11.5 b
2.2	27.0 ab	26.8 a
1.0	27.6 a	29.6 a
0.4	21.5 ab	27.9 a
0.0	23.7 ab	32.0 a

* 經 F 測驗，平均值後面之英文字母相同者表示在 5 %顯著水準下，差異不顯著。
Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by F-test

生蜂需盡力緊附在玻璃管壁上才能緩慢移動，若快速爬行則立即被風吹走，而造成被迫性遷移；風速在每秒 3.6m 以下不影響雌蜂之行動，但風速需減弱至每秒 1.0m 時 *T. chilonis* 才可自行控制飛行方向。就生物防治觀點而言，此風速即爲最佳之放蜂時機，極有助於其尋找寄主產卵。赤眼卵蜂之自力飛行距離甚短，其飛行動作像是在跳躍，故知其遷移仍以藉風力爲主[11]。根據農業氣象資料顯示，本省旬平均風速除梧棲、恆春、新港等沿海地區外，各地全年之旬平均風速多在每秒 3.6m以下[6]，適合 *chilonis* 蜂之活動。

(四) 寄主植物：

由變方分析知雌雄性別對不同寄主植物之葉片間差異極顯著，但性別與不同葉片之交感作用不顯著。7 個不同處理中，*chilonis* 蜂在玉米葉背、甘蔗及柑橘上爬行速率最高，在水稻、玉米葉表及甘藍次之，大豆最低（表 5）。在供試葉片中，大豆葉面之絨毛最密最長，明顯影響 *T. chilonis* 在其上之爬行速率，玉米葉表有絨毛故在其上之爬行速率較在葉背爲低，甘藍葉肥厚多汁，表面偶有裂損常吸引寄生蜂駐足取食葉汁，因此影響及爬行速率。碳水化合物乃赤眼卵蜂唯一需要之營養物質，可延長其壽命[7]；在上述供試作物上常有會分泌蜜露之害蟲存在，勢必影響寄生蜂搜尋寄主卵之效率

表5. *Trichogramma chilonis* 在 6 種不同寄主葉面之爬行速率*

Table 5. Mean rate of travel (cm/min) by *Trichogramma chilonis* at leaf of 6 host plants*

寄 主 植 物	Host plant	雌 蜂 Female	雄 蜂 Male
水 稻	Rice	8.0 b	3.8 bc
玉 米	Corn		
葉表	Upsurface	7.5 b	5.1 bc
葉背	Undersurface	13.0 a	9.3 a
甘 蔗	Sugarcane	11.7 a	11.4 a
大 豆	Soybean	3.0 c	3.1 c
甘 藍	Cabbage	6.7 b	5.6 b
柑 橘	Citrus	10.8 a	10.5 a

* 經 F 測驗，平均值後面之英文字母相同者表示在 5 %顯著水準下，差異不顯著。
Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by F-test

，就生物防治觀點而言，是利是弊尚難驟下定論。Ashley 與 Gonzalez 認爲未曾進食之赤眼卵蜂可能先尋找食物，而已取食者才會找寄主產卵[7]，但目前尚無直接證據支持此項說法，惟寄主植物表面之構造及其上之外來附屬物均有可能影響寄生蜂之搜尋率（searching rate），此點正可反應赤眼卵蜂在不同作物上防治害蟲潛能之差異性。

參考文獻

1. 朱耀沂、何坤耀 1981 瘤野螟有關文獻之綜評。臺大植病學學刊 8：36—58。
2. 邱瑞珍、陳健忠 1985 赤眼卵寄生蜂 *Trichogramma chilonis* 之生態及產卵習性研究。中華農業研究 34（2）：207—212。
3. 陳慶忠、王玉沙 1978 臺灣中部稻縱捲葉蟲生活史及水稻品種抵抗性之調查。臺中區農改場研究彙報 2：58-69。
4. 陳健忠 1983 赤眼卵寄生蜂（*Trichogramma* spp.）在植物保護上之利用。科學農業31：237-241。
5. 陳健忠、邱瑞珍 1983 臺灣稻縱捲葉蟲天敵之調查。中華農業研究32（3）：286-291。
6. 農業氣象旬報 1982 中央氣象局應用氣象組農業氣象科主編。
7. Ashley, T. R. and D. Gonzalez 1974 Effect of various food substances on longevity and fecundity of *Trichogramma*. Environ. Ent. 3: 169-171.
8. Biever, K. D. 1972 Effect of temperatures on the rate of search by *Trichogramma* and its potential application in field releases. Environ. Ent. 1: 194-197.
9. Boldt, P. E. 1974 Temperature, humidity and host: effect of search of *Trichogramma evanescens* and *T. minutum*, Auctt. Ann. Ent. Soc. Amer. 67: 706-708.
10. Fye, R. E. and D. J. Larsen 1969 Preliminary evaluation of *Trichogramma minutum* as a released regulator of lepidopterous pests of cotton. J. econ. Ent. 62: 1291-1296.
11. Nagarkatti, S. and H. Nagaraja 1977 Biosystematics of *Trichogramma* and *Trichogrammatoidea* species. Ann. Rev. Ent. 22: 157—176.
12. Parker, F. D., F. R. Lawson, and R. E. Pinnell 1970 Suppression of *Pieris rapae* using a new control system: Mass releases of both the pest and its parasites. J. econ. Ent. 63: 721-735.
13. Peterson, A. 1953 A manual of entomological techniques. p. 330, Edwards Brothers Inc. Michigan.
14. Stokes, R. H. and R. A. Robison 1949 Standard solutions for humidity control at 25°C. Ind. Eng. Chem. 41: 2013.

Studies on the Field Releases of *Trichogramma chilonis* and the Factors Affect Its Activity

Chien-chung Chen and Shui-chen Chiu

Summary

Percent parasitism of host eggs increased by first release of *Trichogramma chilonis* at 60 days after rice transplanting at the rates of 19,000 and 9,000 *T. chilonis* per are. The results showed that it was not significantly different between these two releases. The second release was conducted at 85 days after rice transplanting, the percent parasitism of host eggs was not significantly different between treatments and control.

Travel rate of *T. chilonis* increased by raising temperature. Its activity decrease when temperature below 25°C. We also found that travel rate was significantly decreased when relative humidity was above 92.0% or below 33.0%. However, travel rate was not significantly different when the wind velocity lower than 3.6m/sec. *T. chilonis* have higher searching rate on the undersurface of corn leaves, leaves of sugarcane and citrus, but do lower on the leaves of rice, cabbage, soybean, and upsurface of corn leaves

1. Contribution No 1264 from the Taiwan Agricultural Research Institute. Thanks are due to Dr. Jiunn-Lung Lin for statistical analysis of data.

2. Assistant entomologist and senior entomologist, Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 35 (1) : 107～117 (1986)

Insecticide Resistance Study in *Plutella xylostella* (L.)

VII. Action Patterns of Insecticides and the Resistance Impacts

Ching-hua Kao, Edward Y. Cheng and Doun-fang Lin

Abstract: Both the initial and residual activities of 18 organophosphorus insecticides, 5 synthetic pyrethroids, 2 carbamates and 2 tertiary amines on the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)were determined. All the synthetic pyrethroids exhibited good initial activities but followed with poor residual effects. Two tertiary amines and carbofuran have similar residual activities except the strengths were different. Methomyl showed no initial action as well as residual effect. The organophosphorus insecticides were the largest chemical group subjected to the test and they demonstrated various action patterns. Some of them showed high initial and residual activities but others were not.

The impacts of insecticide resistance on the effect of insecticides were also measured. Once the insecticide efficacy was affected by resistance, the activity profile was lowered and shortened. The prothiophos-selected resistant DBM strain was used to check the validity of the testing method and the result was satisfactory as the test indeed pinpoint the prothiophos-resistance is the origin of resistance. This testing method was also carried out on the field-collected DBMs from different geographic origins to clarify their insecticide resistance characteristics.

Introduction

Up to 1985, more than thirty insecticides were officially registered for diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), control in Taiwan [7]. Although these insecticides belong to a variety of chemical groups, recommended application methods for their usages were rather similar. Does that mean they have similar actions on the DBM? Surprisingly, no detail on the actions of different insecticides had ever been reported. During

---

1. Contribution No. 1265 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by Council for Agricultural Planning and Development grants 74-4.1-28(05), 74-4.1-147(03) and grant from National Science Council NSC-74-0409-B055-02.

2. Research assistant, senior entomologist and project assistant respectively, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 431, ROC.

3. Thanks due to Ms Su-bay Jean and Ms Yen-ling Lu for their supporting works.

our investigation into insecticide resistance in DBM, many testing methods were adapted on the presumption that all insecticides act in the same way. The 24 hours post-treatment count of mortality is one example which presumes that all insecticides exert their maximum effects within that pre-set period [1]. Some insecticides were known for their prolonged or residual activities and would be misjudged in the case. If we try to resolve the complicated resistance phenomenon in the DBM, the knowledge of action patterns of different insecticides is definitely essential to the researchers.

In this investigation, we have studied two gross aspects of an insecticide i.e., the initial and the residual effects. DBMs with different resistance backgrounds were compared in the study in order to verify the validity of test results and to explore the possibility of using the same testing method to screen the effective insecticides for field control. The measure is thus needed for practical purpose, as we have noticed in our previous studies that some insecticides still provide satisfactory control for the field DBM, despite their long-standing usages in Taiwan [5].

Materials and methods:

1. Insecticides: The names, formulations and dilutions of tested insecticides were adapted from the Plant Protection Manual [7] and were listed in Table 1. Few registered insecticides were omitted due to the overlapping registration or well-known resistance problems.

2. Insect strains: The native IL-strain of DBM [1] was chosen as the susceptible standard in the insecticide action determination. The resistant LC-strain [1] was used to test the impact of resistance. A laboratory prothiophos-selected strain (R.R. = 5.0) served as the known standard resistant strain [3]. Field DBMs were collected from two separate areas and they are 2 samples from Matsu isles representing the low resistance group, and 4 samples from the northwest of Taiwan representing the high resistance group. The presumed resistance magnitudes were suggested from the intensity of insecticide usage.

3. Testing procedures: The common cabbage seedlings of 10-15 leaves stage were planted in pots and arranged in rows for the testing sprays in greenhouse. Commercial grade insecticides were diluted in tap water and applied through a hand-operated tank sprayer. After the treatment, 20-30 third instar DBM larvae were transferred to the wet leaf surface and contacted thoroughly with insecticide before the leaf was cut from the plant. Treated leaf and insects were then transferred into a petri dish and held in a 25°C constant temperature cabinat for the mortality counts; all observations were made in three replicates. Treated insects were continually fed with leaves taken from the same treated plant, and the mortality before pupation was summed as the control efficiency of the day sampled. For the residual effect determination, fresh third instar DBM larvae were transferred onto the leaves taken from treated plants in the following days, and the testing procedure was the same as that of the initial effect determination i.e., the cumulate mortality before pupation was counted as the final result.

Table 1. The names, formulations and dilutions of tested insecticides

Names	Formulations	Dilutions
Pirimiphos-methyl	26.3% E. C.	500×
Diethquinalphion	25.0% E. C.	500×
Mephosfolan	25.0% E. C.	300×
Dichlorvos	50.0% E. C.	1,000×
Diazinon	60.0% E. C.	1,500×
Naled	58.0% E. C.	1,000×
Phenthoate	50.0% E. C.	1,000×
Mevinphos	25.3% E. C.	500×
Pyridaphenthion	40.0% E. C.	800×
Acephate	25.0% E. C.	800×
Parathion*	47.0% E. C.	1,000×
Salithion	25.0% E. C.	500×
Profenofos	43.0% E. C.	1,000×
Methidathion	40.0% E. C.	800×
Cyanophenphos	25.0% E. C.	1,000×
Methamidophos	50.0% E. C.	1,200×
Prothiophos	50.0% E. C.	1,500×
Sannate**	45.0% E. C.	1,000×
Cypermethrin	5.0% E. C.	1,500×
Decamethrin	2.8% E. C.	1,000×
Fenvalerate	20.0% E. C.	4,000×
Flucythrinate	31.6% E. C.	8,500×
Permethrin	10.0% E. C.	3,000×
Cartap	50.0% S. P.	1,000×
Thiocyclam hydrogen oxalate	90.0% S. P.	2,000×
Carbofuran	40.6% F. P.	1,200×
Methomyl	90.0% W. P.	3,000×

*not registered for DBM, tested here as a check insecticide

**mixture of 30% phenthoate+15% dimethoate=45% a.i. of insecticides

Results

1. **The actions of different insecticides**: the action of insecticide against DBM was measured by two major criteria i.e., the initial as well as the residual activity. Usually, the initial activity depended mostly on direct contact of insecticide, while the residual activity was the combined efforts through contact and feeding of treated leaves. The insecticidal activity patterns were determined on the native susceptible IL-strain DBM to minimize the possible distortion from resistance. For 18 organophosphorus insecticides, 5 synthetic pyrethroids, 2 carbamates and 2 tertiary amines, the test results of initial effects are reported in Table 2 and the residual effects are presented in Table 3 and Figure 1 to 5.

Table 2. The initial effect of 27 insecticides against both susceptible and resistant diamondback moth larvae*.

Insecticides	Mortality (%)		Insecticides	Mortality (%)	
	S**	R**		S**	R**
Organophosphorus compounds			Synthetic pyrethroids		
Pirimiphos-methyl	96.8	85.7	Cypermethrin	100.0	32.8
Diethquinalphion	72.7	48.3	Decamethrin	100.0	41.4
Mephosfolan	88.5	94.3	Fenvalerate	94.0	59.7
Dichlorvos	60.6	55.0	Flucythrinate	100.0	57.4
Diazinon	64.6	28.1	Permethrin	100.0	65.5
Naled	47.3	53.7	Others		
Phenthoate	100.0	83.6	Thiocyclam hydrogen oxalate	100.0	100.0
Mevinphos	100.0	100.0	Cartap	100.0	100.0
Pyridaphenthion	55.7	26.4	Carbofuran	77.7	85.0
Acephate	23.3	20.8	Methomyl	6.9	15.3
Parathion	97.3	88.9			
Salithion	68.3	40.0			
Profenofos	100.0	77.4			
Methidathion	100.0	98.3			
Cyanophenphos	91.1	100.0			
Methamidophos	89.8	62.5			
Prothiophos	100.0	100.0			
Sannate	95.0	77.1			

*insecticide sprays at the registered concentrations

**S: susceptible I-lan strain ; R: resistant Lu-chu strain

Table 3. Effective periods for different levels of residual action of 27 insecticides against both susceptible and resistant diamondback moth larvae.

Insecticides	Days for different levels of mortality					
	S**			R**		
	75%	50%	25%	75%	50%	25%
Organophosphorus compounds						
Pirimiphos-methyl	1.4	3.8	6.2	—	1.0	3.1
Diethquinalphion	—	1.1	6.6	—	—	2.4
Mephosfolan	6.1	17.4	28.7	—	21.2	43.3
Dichlorvos	—	—	—	—	—	—
Diazinon	—	—	1.5	—	—	—
Naled	—	—	—	—	—	—
Phenthoate	1.1	2.6	4.2	1.1	1.7	2.4
Mevinphos	—	—	2.7	—	—	—
Pyridaphenthion	—	—	1.2	—	—	—
Acephate	—	—	4.7	—	—	—
Parathion	—	—	—	—	—	—
Salithion	—	—	1.9	—	—	0.7
Sannate*	0.8	4.5	8.2	—	—	2.7
Profenofos	2.0	3.8	5.5	—	0.7	2.6
Methidathion	—	1.7	3.8	—	1.4	3.0
Cyanophenphos	6.3	11.9	17.5	3.9	6.4	8.9
Methamidophos	2.6	8.3	13.9	0.7	4.3	7.8
Prothiophos	4.2	8.3	12.5	4.1	6.3	8.5
Synthetic pyrethroids						
Cypermethrin	—	—	—	—	—	—
Decamethrin	—	—	5.1	—	—	2.9
Fenvalerate	—	—	—	—	—	—
Flucythrinate	—	—	0.9	—	—	2.5
Permethrin	—	2.2	6.0	—	—	—
Others						
Thiocyclam hydrogen oxalate	0.8	4.7	8.7	—	—	2.3
Cartap	1.2	7.9	14.6	—	3.8	8.5
Carbofuran	—	—	6.0	—	0.5	5.4
Methomyl	—	—	—	—	—	—

*Sannate : 30% phenthoate+15% dimethoate

**S : susceptible I-lan strain ; R : resistant Lu-chu strain

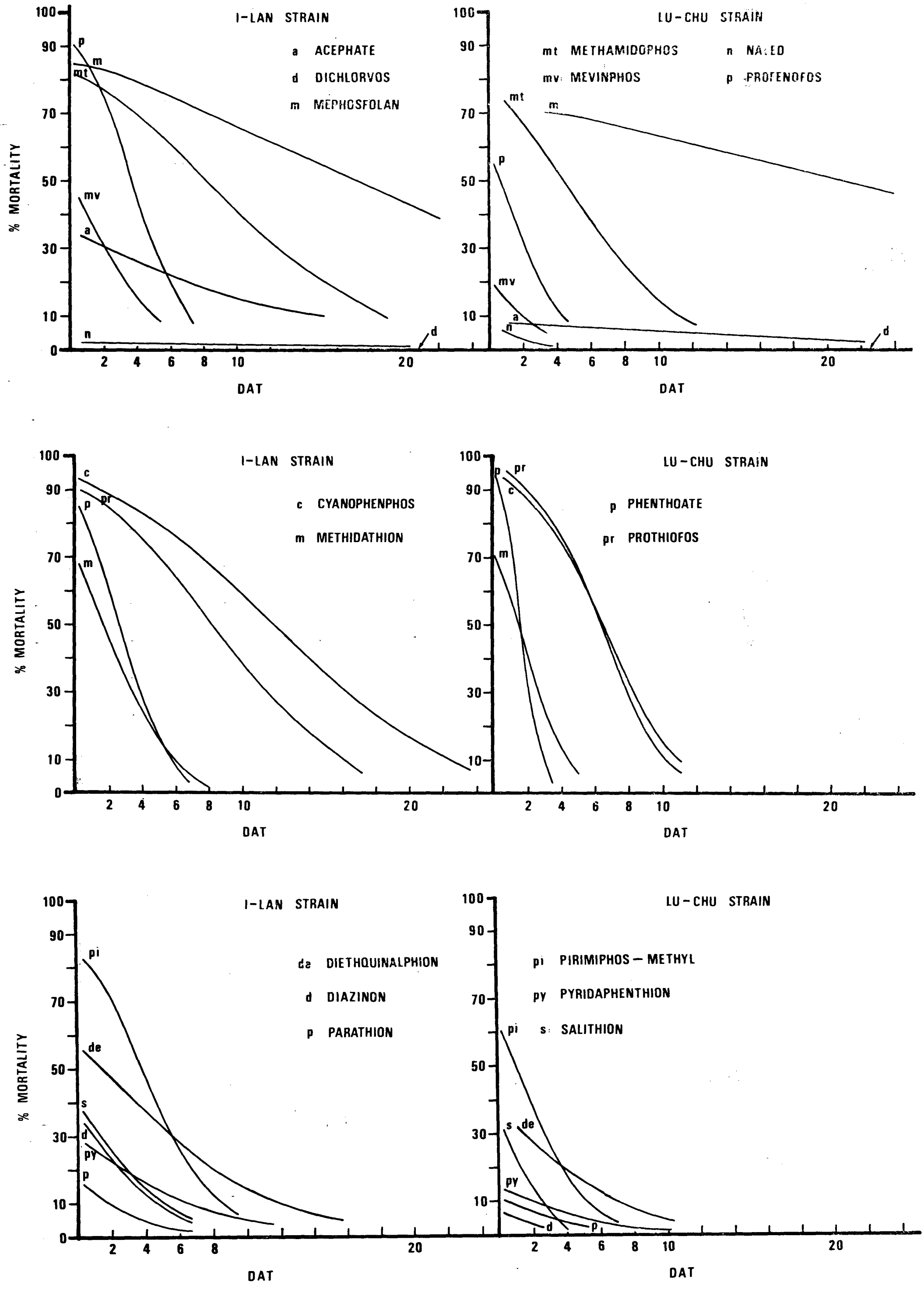

Figure 1~3 The residual activity patterns of organophosphorus insecticides on the susceptible (left) and resistant (right) diamondback moth larvae.

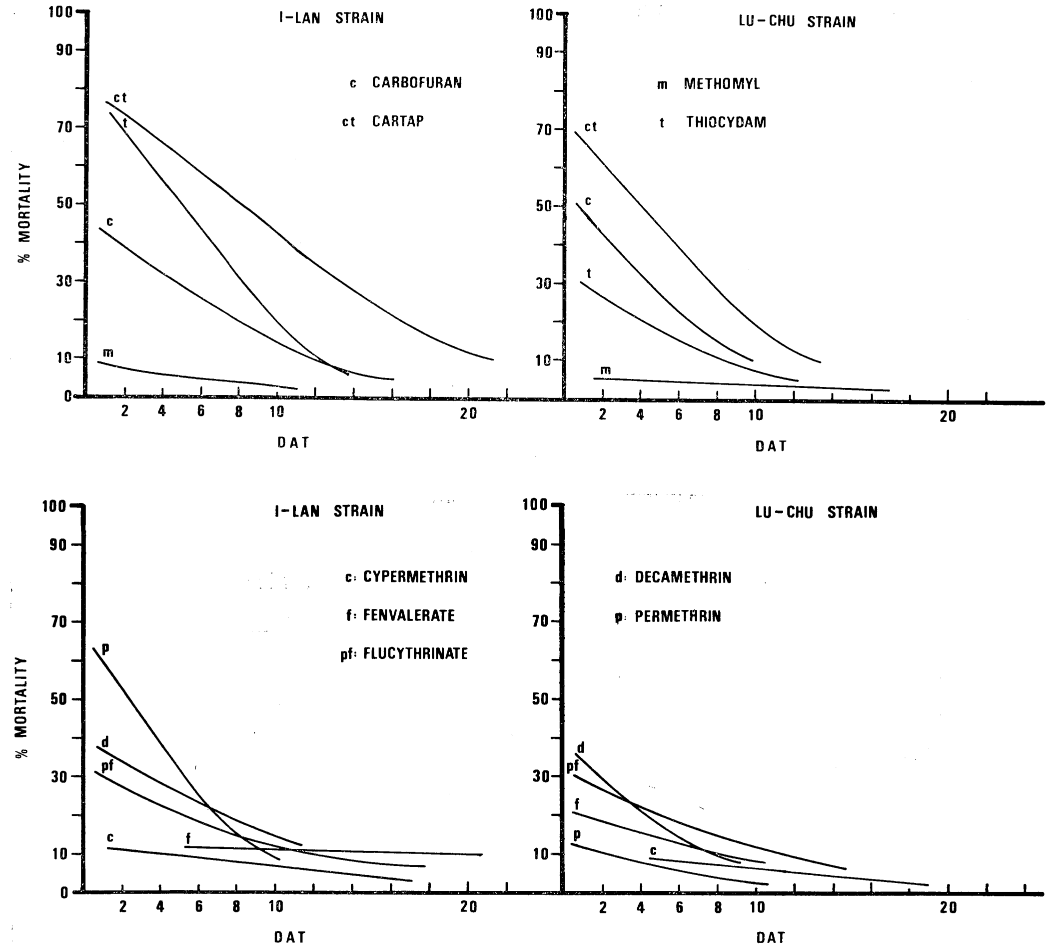

Figure 4~5 The residual activity patterns of carbamates, tertiary amines and synthetic pyrethroids on susceptible (left) and resistant (right) diamondback moth larvae.

For the initial effects, almost 100% mortality were recorded for pirimiphos-methyl, phenthoate, mevinphos, parathion, profenofos, methidathion and prothiophos ; mephosfolan, cyanophenphos and methamidophos resulted in more than 85% mortality in DBM. Other organophosphorus compounds in this test did not provide good control on DBM. Synthetic pyrethroids and tertiary amines were excellent in their initial actions. Carbofuran provided 80% control, while methomyl showed almost no control at all at the recommended concentration.

In the test of residual effects, we have compared the activity patterns of insecticides according to their chemical nature (Figure 1 to 5). The organophosphorus insecticides are the largest chemical group tested and they demonstrated various action patterns. Mephosfolan, cyanophenphos, methamidophos and prothiophos were much persistent than others; dichlorvos and naled rapidly lost their control effects on DBM following the spray; other nine organophosphorus insecticides possessed moderate residual activities. Two tertiary amines and carbofuran had similar residual activity except the

strengths were different. Methomyl again showed less effective in its residual activity. All the synthetic pyrethroids tested emerged with the same pattern i.e., a good initial activity but followed with very poor residual effect.

The effectiveness of all tested insecticides decreased at different rates follow the time course, and their cross profiles at three strength levels i.e., 75%, 50% and 25% control efficacies are indicated in Table 3 based on number of days.

2. **The impact of resistance on the insecticide action pattern**: the LC-strain with multiple resistance was treated along with the IL-strain to examine the resistance impacts. The test results are included in the right columns of Table 2, 3 and part (b) of Figure 1 to 5. The resistance clearly reduced the effectiveness of insecticide in both initial and residual activities. In the test of LC-strain, synthetic pyrethroids were the most troubled insecticides and several organophosphorus insecticides were also suffered from strong resistance impacts. In general, once the insecticide efficacy was affected by resistance, the activity profile in Figure 1 to 5 was lowered and shortened.

3. **Validity of the test for detecting the resistance in field strains of DBM**: three groups of resistant DBM i.e., a laboratory-select resistant strain with known resistance origin; DBM sampled from areas with limited insecticide usage ; and samples from insecticides intensively used areas, were tested against 13 insecticides and the results are compared in Table 4. For the prothiophos-resistant strain, a successful breeding of desired resistance from the susceptible IL-strain, not only insensitive to

Table 4. The initial effect of 13 insecticides against resistant diamondback moth larvae (percentage mortality).

Insecticides	Prothiophos-R. strain	Matsu strains		Taiwan strains			
		MC	FH	BC	SY	TY	PT
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Cartap	100	100	100	100	100	100	100
Thiocyclam hydrogen oxalate	100	100	100	100	100	100	100
Pirimiphos-methyl	46.2	92.0	88.0	93.1	83.3	89.3	78.3
Diethquinalphion	38.1	40.0	43.8	40.0	43.5	66.7	31.8
Mephosfolan	11.5	—	—	10.7	33.3	66.7	23.1
Phenthoate	100	96.0	90.0	100	90.0	76.9	72.7
Mevinphos	66.7	100	100	92.0	91.3	92.3	88.5
Profenofos	89.7	45.8	43.3	50.0	66.7	82.6	60.0
Methidathion	85.7	96.1	90.0	75.8	75.0	91.7	74.2
Methamidophos	33.3	70.0	69.0	0.0	8.3	4.2	8.0
Prothiophos	20.7	92.9	82.1	69.0	41.2	60.9	52.0
Decamethrin	53.8	—	—	14.3	12.0	42.3	8.0
Permethrin	83.3	84.0	100	26.7	70.8	52.0	63.3

prothiophos, also it became less sensitive to other insecticides due to the possible cross resistance except thiocyclam hydrogen oxalate, phenthoate, and cartap. The greenhouse testing method pinpointed the prothiophos-insensitivity in the known resistant strain served well as a positive check in demonstrating that the method is suitable for selecting effective insecticides to control DBM with unknown resistance origins.

The test results of field-collected DBMs have provided more evidences in supporting the desirability of the testing method. All four DBM populations from northwestern Taiwan still subjected to the control of cartap, thiocyclam hydrogen oxalate, mevinphos, methidathion and phenthoate, while other insecticides had lost their effectiveness due to the resistance. Permethrin recorded 25-70% mortalities when decamethrin could only result in 8-42% mortalities, which indicated the appearance of a strong synthetic pyrethroid resistance and matched exactly with our previous results [1,3]. Two DBM samples from Matsu isles exhibited lower insecticide resistance than that of DBMs from Taiwan. Two Matsu strains were more susceptible to most insecticides except diethquinalphion, profenofos and methamidophos. The insensitivity to profenofos may due to the cross resistance since profenofos had never been used there. Also, Matsu area has just begun introducing synthetic pyrethroids for agricultural pest control and one of the two DBM samples had showed early sign of resistance. Generally, the DBMs from Matsu isles still are susceptible to most insecticides as the area is not intensively cultivated.

Discussion

During the investigation of insecticide resistance of DBM, we felt that the better understanding of insecticidal action from different aspects is needed in order to resolve the complicate intoxication and detoxication mechanisms [2]. The cuticle penetration and the oral ingestion are the two major entering ways for the toxicants. Insects with maximum exposure during the spray will subject to the strong initial action of the insecticide bath; on the other hand, those insects escaped from the initial contact of the spray would receive the toxicant through body contact in reducing degree and feeding of foliage with insecticide deposition. Since the initial and residual effects of insecticides are capable of killing insects, they should have received more attention in the resistance investigation. We hence adapted the testing method used by Hirano [6] to elucidate the actions of insecticides registered for DBM control in Taiwan.

As we had expected, the insecticides worked very differently. For example, at recommended dosages, synthetic pyrethroids worked perfectly as contact poisons, which had been demonstrated in their strong initial effects. Unfortunately, these dosages were not enough to cause stomach poisoning which contributed to their rather disappointing residual effects. Tertiary amines have high initial and long residual effects in killing the DBM. Carbofuran has been known for its effectiveness on the DBM [4] and we now confirm that it has the residual effect as well. Methomyl, on the other hand, is not effective either through contact or feeding [2]. Due to the diversity of molecular structures, different insecticidal action patterns were observed in the organophosphorus insecticides, which certainly offered greater choice for the DBM

control practice.

Another significant result can be concluded from the study is that this simple greenhouse testing method can successfully characterize the resistance profiles of a unknown DBM strain to insecticides. In our test results, the IL-strain was susceptible to almost all insecticides on the test list; the prothiophos-select strain showed a special tolerance to prothiophos accompanied with the cross resistance to some other organophosphorus insecticides; two strains from Matsu, an area with limited insecticide usage, were only resistant to few organophosphorus insecticides; and four strains from northwestern Taiwan exhibited high and multiple resistance to varieties of insecticides. The DBMs from different origins hence precisely reflected their level of resistance to insecticides and the greenhouse testing method can serve as a fast way to detect the effective insecticides for field DBM control.

If we applied the lock and key relation to the system of insecticides and resistance, the elucidated action patterns of different insecticides will be practical and helpful in probing the DBM resistance maze. The synthetic pyrethroid resistance is one good example to be discussed because the action patterns indicated that the selection pressure of synthetic pyrethroids obviously came from the contact rather than from the ingestion of toxicant. Therefore, we can make a rational presumption that the resistance mechanism is existed in the cuticle-epidermis system rather than the midgut-epithelium system, and the research effort should be concentrated on the penetration and detoxication of synthetic pyrethroids in the cuticle-epidermis of DBM. Similar clues can be applied on the investigation of other insecticides. Another hint obtained from the information is the comparison of action patterns of the same insecticide between susceptible and resistant DBM strains, for example, the cuticle-epidermis barrier should be investigated when the initial effect of insecticides reduced significantly; while the midgut-epithelium barrier should be analyzed if the residual effect was lowered and shortened in the resistant insects.

References

1. Cheng, E. Y. 1981. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) II. A general survey (1980-81). J. Agric. Res. China 30 : 285-293.
2. Cheng, E. Y. 1985. The resistance, cross-resistance and chemical control of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in Taiwan. in Proceedings of the 1st Intern. Workshop on Diamondback Moth Management. AVRDC.
3. Cheng, E. Y., T. M. Chou and C. H. Kao. 1984. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) VI. An experimental analysis of organophosphorus and synthetic pyrethroid resistances. J. Agric. Res. China 34 : 96-104.
4. Chou, T. M. and E. Y. Cheng. 1983. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) III. The insecticide susceptibilities and resistance response of a native susceptible strain. J. Agric. Res. China 32 : 146-154.
5. Kung, K. S. 1984. Changes of economic importance of major insect pests of vegetables and prospects for their control in Taiwan. in Proceedings of the Symp. Insect Control of Vegetables in

Taiwan. Dept. of Agric. & Forestry, Taiwan Provincial Government. R. O. C.
6. Hirano, M. 1981. Controlling insect pests of chinese cabbage by fenvalerate and cyanophenphos, in "Chinese cabbage" Proceedings of the 1st Intern. Symp. AVRDC. p. 185-192.
7. Plant Protection Manual 1982 ed., Dept. Agric. & Forestry, Taiwan Provincial Government. R. O. C.
8. Personal communication with Ms Chen of Matsu Agric. Experi. Station. 1985.

小菜蛾抗藥性之研究

VII. 防治藥劑之作用特性及受抗藥性之影響[1]

高靜華　鄭允　林端方[2]

摘　要

本研究檢定目前登記用於防治小菜蛾，*Plutella xylostella* (L.), 殺蟲劑對本省感性品系宜蘭小菜蛾之初效及殘效。結果發現合成除蟲菊精類之作用均一致，在現有推廣濃度下，僅有良好的初效而殘效則不足，因此如蟲體未被藥液施及，僅靠乾涸於葉表面之藥膜使小菜蛾中毒的機會極低。18種供試的有機磷藥劑對小菜蛾之毒效因藥劑而不同，並且差別極顯著。初效以美文松、賽達松、佈飛松、滅大松及普硫松等最好；亞特松、施力松、達馬松及美福松則次之；巴拉松效果雖佳，但非蔬菜用藥。殘效方面以美福松最長，達馬松、施力松及普硫松次之，美文松、二氯松及乃力松均可謂無殘效。有機氮及氨基甲酸鹽類中，培丹及硫賜安之初效及殘效均佳，加保扶初效和殘效則屬中等。

抗藥性會使小菜蛾之初效反應下降，殘效反應縮短。測得之結果顯示，抗合成除蟲菊精劑之反應在感性及抗性品系小菜蛾頗一致，但抗有機磷之特性則隨藥劑之種類而有變化，一般而言，初效佳及致毒作用快者所受之影響較小，如美文松及賽達松。

同時亦探討利用本試驗之方法，即在網室以商品級農藥噴施推薦濃度之藥液於菜苗後接蟲測定毒效，檢定田間抗性小菜蛾之抗性特質，以選取防治該抗性品系之最佳藥劑。發現以室內經普硫松汰選之抗性小菜蛾供試時，可成功地測出該品系之（1）抗普硫松特性及（2）對數種其他有機磷之交互抗性。若以採自馬祖，對農藥抗性較單純之小菜蛾供試時，則可測出較本省西海岸各抗藥品系小菜蛾更爲敏感之農藥感受性。再以（1）室內汰選之抗普硫松品系，（2）二個馬祖品系及（3）四個本省抗藥品系比較對13種常用殺蟲劑之感受性時，各品系之總體表現與其來源極爲符合，故此一測試方法確實可作爲鑑定未知抗性特質之田間小菜蛾品系之用。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1265 號。本研究承中央加强農村建設補助計畫〔計畫編號74-農建-4.1-產植-28(05)，74-農建-4.1-產植-147(03)〕及國科會計畫（NSC-74-0409-B055-02）補助，簡淑貝、盧燕鈴協助工作，謹此深致謝忱。

2.本所應用動物系助理、研究員及計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

中華農業研究（Jour. Agic. Res. China）35(1)：118～128（1986）

豌豆葉潛蠅之生態及數種豌豆害蟲之防治[1]

王清玲　　楊淑儒[2]

摘要：葉潛蠅（*Phytomyza horticola* Goureau）以豌豆爲主要寄主植物。卵多產於葉背。在 21±1°C, RH70—80%, 12L 之環境下，卵期1—3日，孵化率96.68%。一、二、三齡幼蟲口鉤吻節長度分別平均爲 114.3、190.0、289.6μm。發育日數分別爲 2.50、1.69、1.75日。第一齡蟲死亡率65.03%，第二、三齡蟲全部存活。化蛹葉背。蛹長 2.06mm，寬 0.91mm。蛹期7.53日，羽化率82.75%。雌蟲翅長 2.61mm，雄蟲 2.30mm。羽化後1—3天開始交尾、產卵。一生產卵 144—1,057粒，平均475.3粒。雌蟲壽命10—35日，平均21.6日。雄蟲2—5日，平均3.3日。

播種同時施用粒劑：10% Thimet 40kg/ha、10%Temik 20kg/ha 或 3% Furadan 80kg/ha，對葉潛蠅之防治有效；前二者亦可防治莖潛蠅（*Melanagromyza sojae*），而防治小綠葉蟬（*Empoasca formosana*）則僅 10% Temik 有效。

生育中期施用 44% Dimethoate EC、50% Tamaron EC 防治葉潛蠅效果最好；75% Orthene SP、50% Methyl parathion EC、24% Lannate L 與 20% Sumicidin EC 次之；50% Mipcide WP 效果不佳。以上藥劑除 50% Mipcide EC 外，均可兼防治蚜蟲（*Acrythosiphon pisi, Myzus persicae, Aphis craccivora*）. 44% Dimethoate EC、24% Lannate L 與 75% Orthene SP 亦對薊馬有效。

豌豆葉潛蠅（*Phytomyza horticola* Goureau）在1967年以前與 *P. syngnesiae*（Hardy）混稱 *P. atricornis* Meigen。分布於歐洲及北非的埃及、厄立特立亞、利比亞、摩洛哥、南非洲、馬達加斯加島、西非的喀麥隆山、東非的肯亞、以及印度、中國大陸及臺灣、日本等地。最主要的寄主是豆科作物，其它寄主尚包括菊科、十字花科、葫蘆科、唇形科、百合科、茄科、亞麻科、莧科、漆樹科等共34科[4]。重要的受害作物有蘿蔔、豌豆、亞麻、葱、菊、菜豆等[2]。

葉潛蠅主要以幼蟲期爲害，幼蟲潛食葉肉組織，在嚴重發生時，會導致葉片枯萎、凋落而使開花與結莢率降低[6,7,10,12]。目前本省豌豆之栽植漸普遍，葉潛蠅是豌豆主要害蟲之一，豌豆受葉潛蠅爲害較它種作物爲烈，嚴重時一葉片上同時有數隻幼蟲存在，有時連種莢之皮亦被潛食，直接影響產量[4]。

近年豌豆因外銷成功，栽植面積日漸擴大，病蟲害問題亦漸受重視，經過試驗前調查，豌豆害蟲中以葉潛蠅發生最爲嚴重[1]。然而葉潛蠅在本省豌豆上有關生態或防治方面的詳細資料甚少。因此本實驗對葉潛蠅生活習性及各蟲期形態加以詳細觀察，並參考國內外藥劑試驗報告[3,8,9,11]，進行田間藥劑防治試驗，以供防治此害蟲之參考。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1266 號。

2.本所應用動物系助理研究員、計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

(一) 田間發生調查

民國73年10月9日與12月26日分別於本所農場種植食莢品系臺中11號豌豆二批。採籬架式直立栽培。畦寬 1m，每畦種植豌豆二行，行株距 50×5cm 。播種及植株生長期間均未施用任何殺蟲劑。於播種後14日，即豌豆出土後7日，每星期採集植株一次。整個栽植區面積0.01公頃，平均分成三小區，每小區逢機採取10株，檢查植株上葉潛蠅幼蟲及蛹的數目。調查至74年3月11日止。

(二) 室內觀察

1.卵、幼蟲與蛹期之觀察

自本所農場自植豌豆田，採回大量葉潛蠅蛹體，連同其周圍的部分葉片，放在培養皿中，再置於植物生長箱 (S—10—H, Conviron) 中的養蟲籠內，生長箱中溫度 21±1°C ，光照12小時；相對濕度70—80%。

羽化之成蟲供以90%水＋5%蜜糖＋5%酵母粉之液體為食。並放入盆栽臺中11號豌豆12盆。每盆植有豌豆3～4株；株高 15—20cm；供成蟲產卵。

盆栽每日更換，已產卵之植株除去心葉，使其不再增長，每一葉片只留一個卵，以小標扦編號標識之。每天早上8：00及下午3：30各觀察一次，紀錄卵期及幼蟲形態、生活習性、齡期日數、口鈎及咽頭吻節之發育。

待其生長至化蛹，即將含蛹之葉片取下，分別置於指形管（長 6cm、直徑 2cm）中。管口以紗布覆蓋，置於 21°C, RH 70～80%的環境內，直至其羽化。觀察其形態、蛹期等。

2.成蟲之觀察

自本所豌豆田採回葉潛蠅的蛹，俟其羽化，即行配對，分別以透明圓柱狀玻璃瓶（長 16.5cm、寬 8cm）飼養，瓶口以紗布覆蓋，共50對。置於生長箱（21°C, RH70～80%）中，成蟲供以糖水（如前述）為食。瓶內並放置發芽後5—7天的豌豆苗，供雌蟲產卵及取食。每日更換豌豆苗及蜜糖食料。紀錄成蟲壽命及雌蟲產卵數等。

(三) 藥劑防治試驗

藥劑防治試驗在本所農場進行，種植臺中11號豌豆。

豌豆田以完全逢機區集法分成小區，每小區寬2畦，畦寬 1m，長 10m 。每一處理3重複。

73年10月8日首次播種，在播種的同時，即施用土壤粒劑包括 10% Thimet 40kg/ha 、10% Temik 20kg/ha 與 3% Furadan 80kg/ha 。種後16日開始調查，在計算葉潛蠅數目的同時，亦觀察幼苗期為害嚴重的莖潛蠅、小綠葉蟬與薊馬的發生密度。每週調查一次，每次每小區逢機取樣5株。調查至施藥後44日止。

73年12月28日再度種植一批豌豆，進行葉面噴佈殺蟲劑試驗。所選用之藥劑種類，為目前農民所習於使用於豌豆上者，如 50% Mipcide WP. 及50% Methyl Parathion EC 等。或是參考國外資料，在防治豌豆害蟲上表現優良的如 75% Orthene SP. 、24% Lannate L. 、50% Tamaron EC等。另外再加上 44% Dimethoate EC. 以及 20% Sumicidin EC. 。

殺蟲劑之施用量以一般之背囊式噴霧器噴於葉面，施藥後一週、二週或三週分別調查植株上葉潛蠅幼蟲與蛹之總數，所得平均值以 NMRT 分析，顯著水準採5%之機率。

在進行葉潛蠅液狀藥劑防治試驗之同時，亦調查施用藥劑後，各小區植株上發生蚜蟲、薊馬、以及鱗翅目害蟲之密度，以為參考。

結　　果

一、田間發生調查

於10月24日第一次調查即已發現少數豌豆葉片有被葉潛蠅幼蟲潛食的痕跡，但蟲體發生密度極低

，平均每株0.06隻。

其後葉潛蠅數目略有增加，但莖潛蠅（*Melanagromyza sojae*）及小綠葉蟬（*Empoasca formosana*）以高密度發生；11月24日時，平均每株有莖潛蠅幼蟲1.5隻，小綠葉蟬若蟲7.0隻，加以溫度稍高(圖 1)而導致多數植株生育狀況極差，植株弱小，高度不及 1m，故葉潛蠅密度一直未上升。

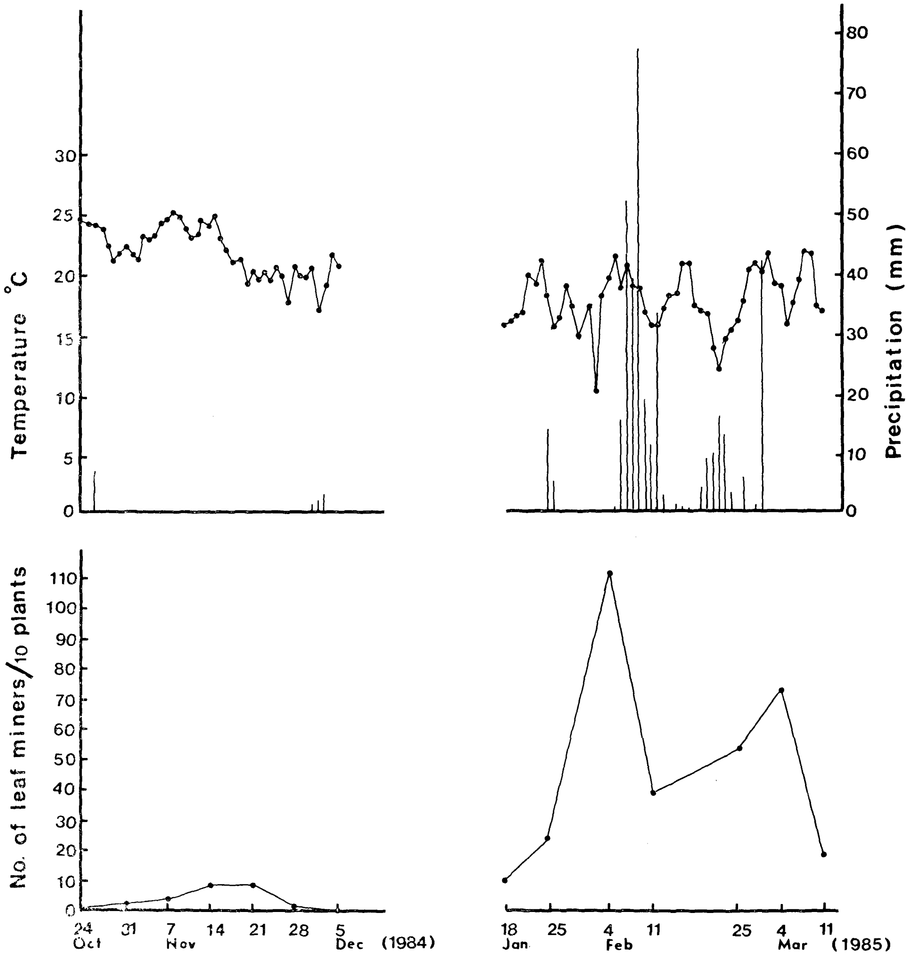

圖1. 豌豆葉潛蠅田間之發生

Fig. 1. Occurrence of pea leafminers in the field.

至12月26日再播種一批，於 1 月18日開始調查。此時溫度較低，較適合豌豆發育，植株生長快速，而葉潛蠅密度亦隨植株之增長而急速上升。於 2 月 4 日調查時達到最高峰，平均每株有幼蟲9.03隻，蛹2.13隻。後因連續數日下雨，葉潛蠅密度隨之下降。降雨過後，密度再度上升，至 3 月中旬因豌豆已近收穫完畢，植株老化，葉潛蠅數目又漸減少。

田間葉潛蠅密度的調查顯示，種植太早的豌豆，因溫度較高，生勢弱，對害蟲抵抗力低。此時，小綠葉蟬與莖潛蠅爲主要害蟲。但葉潛蠅密度不高。

在溫度較低時，豌豆植株生長快速，蟲害造成之影響較前期作輕微，而葉潛蠅也發生的較多。

二、室內觀察

(一) 卵

橢圓形，長 0.28mm (SD=0.02) 寬 0.14mm (SD=0.01) (n=200) 透明至乳白色，單生，嵌於葉片表皮與葉肉間，多分布於下位葉的葉緣。葉片正面與背面都可發現卵粒，但據觀察1000個葉片有74.4%的葉片其葉背卵數多於葉面。其中以葉背卵數爲葉面2倍左右者佔最多數。相差最多的葉背卵數可達葉面葉數之16倍（表1）。

表1. 豌豆葉潛蠅產於葉片背面或正面之卵數比例

Table 1. Egg laying Place of pea leafminers

$\frac{\text{葉背卵數}}{\text{葉面卵數}}$ 之比值 Value of $\frac{\text{eggs on undersurfaces}}{\text{eggs on uppersurfaces}}$	<1	1	1—2	2—3	3—5	5—10	10—16
發生百分比 Percentage	16.3%	9.33%	28.67%	21%	14.66%	8.67%	3.33%

卵期最短1日，最長3日，其中以經2日後孵化者佔52.86%，爲最多數。3日者佔45.71%。平均卵期爲2.67日 (SD=0.44) 孵化率96.68%（表2）。

表2. 不成熟期個體之發育日數與存活率

Table 2. Development of immature stages of pea leafminer

時　期 Stage	發育所需日數 Days required for development		存　活 Survivorship
	$\bar{X}$	SD	
卵 Egg	2.67	0.44(N=151)	孵化率 Hatching : 96.68%(N=151)
幼　蟲 Larvae I	2.50	0.55(N=141)	存活率 Survivor : 65.03%(N=223)
幼　蟲 Larvae II	1.69	0.34(N=140)	存活率 Survivor : 100.0%(N=138)
幼　蟲 Larvae III	1.75	0.41(N=138)	存活率 Survivor : 100.0%(N=138)
蛹 Pupae	7.53	0.42(N=137)	羽化率 Emergence : 82.75%(N=138)

(二) 幼蟲

幼蟲利用其已形成的口鈎來回擺動，使卵殼裂開，而後蟲體爬出卵殼。剛孵化的第一齡幼蟲呈圓筒形，蛆狀，體色爲乳白色略呈透明。在解剖顯微鏡下，可見其深褐色口鈎已在葉片表皮下來回擺動，開始取食葉肉組織。蟲體蜿蜒而行，所到之處葉片只剩白色膜狀的上表皮或下表皮。於取食的過程中，蟲體可從葉面（背）轉至葉背（面）潛食。

第二齡幼蟲取食量增加，食痕變寬。蟲體較扁長，體色較前略深。

第三齡幼蟲體更加肥大，黃色，尾端較前端寬大。口鈎大而明顯，黑褐色。

一隻幼蟲自初齡發育至三齡，已有約 $\frac{1}{4}$ 之葉片面積被破壞。而在田間，密度高時，一葉片偶有10隻左右的幼蟲潛食，使該葉片最後只剩表皮膜層。

幼蟲各齡期可以咽頭吻節與口鈎長度的大小來區別（表3）。第一齡幼蟲口鈎與咽頭吻節很小，平均長度 114.3μm (SD=8.2)，深褐色，咽頭吻節的部分呈二叉形。第二齡平均長190.0μm (SD=11.0)，口鈎處有二個極小的鈎狀齒。第三齡長 289.6μm (SD=15.2)，口鈎上的鈎狀齒甚爲明

表3. 幼蟲各齡期咽頭吻節十口鈎長之區分

Table 3. Length of mouth hook and hypopharynx skeleton of larvae in different stadia.

幼蟲齡期 Stidium	咽頭吻節 口鈎長 Length of mouth hook+hypopharynx skeleton (μm)		
	$\bar{X}$	SD	全距 Range
I	114.3	8.2	96.4—132.5(N=200)
II	190.0	11.0	168.7—216.9(N=192)
III	289.6	15.2	253.0—313.3(N=102)

顯。

第一齡幼蟲發育日數最長，需 2.50 (SD=0.55) 日，死亡率最高，有65.03%之幼蟲在此期間死亡。第二齡蟲與第三齡蟲發育日數相近，分別爲1.69日 (SD=0.34) 與 1.75日 (SD=0.41) 。幼蟲一旦進入第二齡，即可順利發育至化蛹，試驗中，此時期幼蟲全無死亡（表2）。

（三）蛹

幼蟲老熟時，於葉正面潛食的幼蟲通常會轉至葉背，然後停食，縮短其體長，在葉背化蛹，僅偶而發現一、二隻化蛹葉面。

剛化成的蛹呈黃色、圍蛹，位在葉片表皮下，前端呼吸管部分突出表皮外。至後期體呈黑褐色，長 2.06mm (SD=0.16) ，寬0.91mm (SD=0.10) , (n=124) 。

蛹期7.53日 (SD=0.42) ，成功之羽化率爲82.75% (n=138) （表2）。

（四）成蟲

剛羽化之成蟲體呈淡黃色，後漸變灰色。頭面部及複眼周圍呈土黃色。胸背板中部具有很明顯的刺毛4對，胸部爲灰黑色。各腹部的後緣爲淡黃色。脚黑色，各足之膝部爲黃色。平均棍爲黃色。雌蟲翅長 2.61mm (SD=0.19) (n=114) ，雄蟲略小，爲 2.30mm (SD=0.16), (n=106) 。

表4. 成蟲之存活與產卵

Table 4. Survivorship and egg deposition of adults

壽命 age (day)	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24	25~27	28~30	31~33	34~36	37~39
雄蟲（隻數） No. of ♂	28	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
雌蟲（隻數） No. of ♀	—	—	—	8	4	5	5	4	2	5	5	2	1
每隻平均產卵數 Avg. no. of eggs/♀	2.1	27.4	29.3	23.0	29.1	24.0	25.8	24.1	24.0	21.4	14.5	2.2	6.0
一生產卵% Percentage (%)	0.4	5.8	6.2	4.8	6.1	5.0	5.4	5.1	5.0	4.5	3.1	0.5	1.3

成蟲羽化當天即開始取食，雌蟲主要以植物汁液爲食，係利用其產卵管刺進葉肉組織，來回戳刺約半分鐘，然後很快的以其舐吮式口器將孔內汁液吸乾，因而造成很多白色近圓形的小斑點。

羽化後1至3天開始交尾，交尾後即開始產卵。產卵時以其產卵管刺進葉肉組織，使卵嵌於表皮下。雌蟲無論產卵或吸食汁液，都喜歡在靠近葉緣處，中肋附近次之。

觀察41隻雌蟲之產卵，雌蟲一生產卵數最多爲 1,057粒，是自羽化後第二日起，連續產卵34日之總數。最少 144粒，是自羽化後次日起，連續產卵至第25日之總數。雌蟲自羽化後第二至五日開始產

卵，直至死亡或死亡前一日爲止。產卵期內每日產卵數最高有68粒，最少的僅有 1 粒。41隻雌蟲的平均一生產卵數爲475.3粒 (SD=42.7) 。(表 3) 。

雌蟲可活10至35日，平均21.6日 (SD=1) 。雄蟲可活 2 ～ 5 日，平均3.3日。(表 3) 。

三、藥劑防治試驗

在播種後16日及23日之調查資料中顯示，葉潛蠅在植株幼苗初期尚未發生，施藥區與不施藥區蟲數無差異 (表 5 a) 播種後30日之調查，施用 10% Thimet 與 10% Temik 之小區均無蟲，較施用 3% Furadan 或對照區優良。播種後37日與44日之調查結果，施用三種試藥之小區，葉潛蠅蟲數均較對照區顯著爲低。至44日以後，因夜盜蟲、甜菜夜蛾等害蟲大量發生，植株葉片被大量吞食，顯然粒劑已無法控制此時期發生之害蟲，故調查中止。

表5a. 數種粒狀殺蟲劑對葉潛蠅之防治效果

Table 5a. Control effect of several granular insecticides on pea leafminer

藥劑 Insecticide	葉潛蠅平均蟲數／5 株 Avg. no. of leafminers/5 pl.				
	施藥後日數 Days after application				
	16	23	30	37	44
10% Thimet 40kg/ha	0.3 a	1.6 a	0.0 a	1.6 a	1.0 a
10% Temik 20kg/ha	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.6 a	0.3 a
3% Furadan 80kg/ha	2.3 a	1.3 a	3.0 b	4.3 a	3.0 a
CK	1.3 a	3.0 a	4.6 b	8.0 b	7.0 b

10% Thimet 與 10% Temik，亦對莖潛蠅之防治有效 (表 5 b) 。防治小綠葉蟬與薊馬則以 10% Temik 較有效 (表 5 c. d) 。

七種葉面噴施之殺蟲劑中除 20% Sumicidin EC. 以3,000 倍之濃度施用外，其餘 44% Dimethoate EC. 等藥劑均以1,000倍之濃度施用。

表5b 數種粒狀殺蟲劑對莖潛蠅之防治效果

Table 5b. Control effect of several granular insecticides on stem miner

藥劑 Insecticide	莖潛蠅平均蟲數／5 株 Avg. no. of stem miners/5 pl.				
	施藥後日數 Days after application				
	16	23	30	37	44
10% Thimet 40kg/ha	2.3 b	1.3 a	3.3 b	4.0 b	3.0 a
10% Temik 20kg/ha	0.3 a	0.3 a	0.7 a	2.0 a	1.3 a
3% Furadan 80kg/ha	1.3 b	2.3 b	2.0 ab	6.3 b	5.3 b
CK	4.0 b	3.6 b	7.0 c	8.6 b	7.3 b

表5c. 數種粒狀殺蟲劑對小綠葉蟬之防治效果

Table 5c. Control effect of several granular insecticides on green leafhoppers

藥劑 Insecticide	小綠葉蟬平均蟲數／5株 Avg. no. of hoppers/5 pl.				
	施藥後日數 Days after application				
	16	23	30	37	44
10% Thimet 40kg/ha	2.6 a	13.0 b	16.0 ab	39.0 b	53.3 b
10% Temik 20kg/ha	1.6 a	1.7 a	5.3 a	2.3 a	5.0 a
3% Furadan 80kg/ha	3.6 a	3.3 a	10.0 ab	34.0 b	39.3 b
CK	5.6 b	15.0 b	25.0 b	33.6 b	35.6 b

表5d. 數種粒狀殺蟲劑對薊馬之防治效果

Table 5d. Control effect of several granular insecticides on thrips

藥劑 Insecticide	薊馬平均蟲數／5株 Avg. no. of thrips/5 pl.				
	施藥後日數 Days after application				
	16	23	30	37	44
10% Thimet 40kg/ha	1.6 a	5.3 a	6.0 a	12.3 a	11.6 a
10% Temik 20kg/ha	0.3 a	7.3 a	2.6 a	3.0 b	6.0 a
3% Furadan 80kg/ha	3.6 a	12.3 ab	11.3 a	32.3 a	0.3 a
CK	5.6 a	33.3 b	43.6 b	36.0 a	9.6 a

表6a. 數種葉面噴施之殺蟲劑對豌豆葉潛蠅之防治效果

Table 6a. Control effect of surface sprayered insecticides on pea leafminers

平均蟲數／10株

Avg. no. of miners/10pl.

藥劑 Insecticide	施藥前 Pre-Application	第一次施藥後一週 1wk af. 1st Applic	第二次施藥後 2nd Applic		第三次施藥後 3rd Applic	
			一週 1wk	三週 3wk	一週 1wk	二週 2wk
44% Dimethoate EC 1000X	24.7	12.0 a	2.0 a	27.7 a	7.3 a	6.3 a
75% Orthene SP 1000X	19.0	35.7 ab	7.3 b	22.0 a	17.7 a	9.3 ab
50% Tamaron EC 1000X	33.7	17.3 a	0.0 a	32.7 a	4.0 a	4.0 a
50% Mipcide WP 1000X	26.3	74.3 c	23.3 bc	30.7 a	49.7 b	23.0 b
50% Methyl parathion EC 1000X	36.3	26.3 a	5.7 b	49.7 a	21.3 a	20.0 ab
24% Lannate L 1000X	38.5	61.3 bc	15.3 b	37.3 a	42.7 b	17.0 ab
20% Sumicidin EC 3000X	33.0	68.7 c	4.7 b	57.3 a	11.0 a	6.0 a
CK	24.0	117. d	38.7 c	54.0 a	74.0 c	19.0 ab

※施藥日期：74年1月28日、2月4日、2月25日

Dates of chemical application: Jan. 28, Feb. 4、25 1985.

施藥前的首次調查顯示，田間葉潛蠅已具有相當高的密度，每十株之平均蟲數在19.0到38.5之間（表6a），且蟲數仍在繼續增加中。故於此時，進行第一次施藥。

首次施藥後7天，再度調查植株葉片上之蟲數。結果所有施藥之小區，蟲數均較未施藥者顯著爲低。而各藥劑中以 44% Dimethoate EC. 與 50% Tamaron EC. 效果最好。 50% Methyl parathion EC. 次之。其餘藥劑更次之。

第二次施藥是在第一次調查結束後之當天。施藥後7日再予調查，此時不施藥之對照區蟲數仍然顯著偏高。各施藥區中，仍以施用44% Dimethoate EC. 及50% Tamarm EC. 的小區蟲數最少，且防治效果很好，全無葉潛蠅幼蟲或蛹，且蟲數很低。 50% Mipcide WP. 效果較差，蟲數幾乎與對照區間差異不顯著。此外75% Orthene SP. 、50% Methyl parathion EC. 、24% Lannate L 與 20% Sumicidin EC. 均能將蟲數壓低，亦有防治效果。

此次施藥第21天的調查，顯示所有藥劑均已失去殘效，在三週的期間內，害蟲已快速增長，以致於施藥區與不施區、或各施藥區之間，蟲數之差異全不顯著。

第二次施藥後第二次調查之當天施用第三次藥劑。施藥後第7日調查結果顯示，藥效以 44% Dimethoate EC. 與 50% Tamaron EC. 、20% Sumicidin EC. 最好，75% Orthene SP. 與 50%Methyl parathion EC. 次之，50% Mipcide WP 與 24% Lannate L. 又次之。

第三次施藥後14日繼續調查蟲數，結果仍然各藥劑之殘效不佳，與對照區間無差異，50% Mipcide WP. 之小區甚至較對照區蟲數爲多。

綜合藥劑試驗之結果，在包括有機磷劑、氨基甲酸鹽劑與合成除蟲菊精劑之七種殺蟲劑中；防治葉潛蠅以 44% Dimethoate EC. 與 50% TamaronEC. 效果最好，75% Orthene SP. 、50% Methyl parathion EC. 、24% Lannate L. 與 20% Sumicidin EC. 次之，而以 50% Mipcide WP. 最差。防治之效果僅可維持一週。施藥後二、三週，則藥效均已喪失（表6a）。

表6b. 數種葉面噴施之殺蟲劑對豌豆蚜蟲之防治效果

Table 6b Control effect of surface sprayed insecticides on pea aphids

平均蟲數／10株

Avg. no. of Aphids/10pl.

藥劑 Insecticide	施藥前 Pre-Application	第一次施藥後一週 1wk af. 1st Applic	第二次施藥後 2nd Applic 一週 1wk	第二次施藥後 2nd Applic 三週 3wk	第三次施藥後 3rd Applic 一週 1wk	第三次施藥後 3rd Applic 二週 2wk
44% Dimethoate EC 1000X	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
75% Orthene SP 1000X	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50% Tamaron EC 1000X	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50% Mipcide WP 1000X	10.3	1.7	0.0	0.0	0.0	9.7
50% Methyl parathion EC 1000X	5.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
24% Lannate L 1000X	0.7	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0
20% Sumicidin EC 3000X	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
CK	4.7	1.3	0.0	1.3	2.7	61.0

※施藥日期：74年1月28日、2月4日、2月25日

Dates of chemical application: Jan. 28, Feb. 4、25 1985.

試驗區發生之蚜蟲包括豌豆蚜（*Acrythosiphon pisi*），桃蚜（*Myzus persicae*），黑豆蚜（*Aphis craccivora*），以聚集度相當高之分布出現，故小區內蚜蟲平均數，自每10株 0.7隻至10.3隻

，差異很大。蚜蟲之藥效調查係配合葉潛蠅之藥劑防治，故並非每次之調查結果資料均合乎試驗理想。第一次施藥後一週，及第二次施藥後一週、三週，蚜蟲密度均極低，幾近於無，無法做藥效之比較。至第三次施藥後一週，蚜蟲數略增，對照區平均每10株 2.7隻，而各施藥區均無蚜蟲。此次施藥後第一週之調查，不施藥區蚜蟲數迅速上升至每10株61.0隻，除 50% Mipcide WP. 之小區仍有蚜蟲每10株9.7隻外，各施藥區對蚜蟲防治效果均很好（表6b）。

薊馬的調查僅在施用 44% Dimethoate EC. 、24% Lannate L. 、75% Orthene SP. 之小區，結果此三種藥劑對薊馬均有甚佳之防治效果，且藥效可維持2週（表6c）。

表6c. 數種葉面噴施之殺蟲劑對豌豆薊馬之防治效果

Table 6c. Control effect of surface sprayed insecticides on pea thrips

蟲數／5株
Avg. no. of thrips/5pl.

藥劑 Insecticide	施藥前 Pre-Application	第一次施藥後一週 1wk af. 1st Applic	第二次施藥後一週 2nd Applic	第三次施藥後 3rd Applic 一週 1wk	二週 2wk	三週 3wk
44% Dimethoate EC 1000X	1.0	0.7	0.0	0.0	1.0	1.0
24% Lannate L. 1000X	4.0	1.0	1.0	1.0	0.7	1.7
75% Orthene SP 1000X	1.0	0.0	0.7	0.3	0.0	2.0
CK	3.3	5.7	33.3	43.7	36.0	9.7

※施藥日期：73年10月24日、11月1日、11月7日
Dates of chemical application: Oct. 24, Nov.1 and 7, 1984.

討　論

一、葉潛蠅在74年12月以後種植的豌豆上發生較多，綜合氣象、環境因子，顯示影響棲羣的因素可能包括溫度、雨量、與寄主植物生育狀況。

二、卵與蛹多數存在於葉背，幼蟲潛食葉肉組織時則無正、背面之偏好選擇。除初孵化的幼蟲外，幼蟲存活力甚強。成蟲生殖力極強，卵孵化率亦高。

三、豌豆上與葉潛蠅同時發生的害蟲，較重要的有小綠葉蟬、薊馬、莖潛蠅、蚜蟲等。故在防治上，除針對藥劑對葉潛蠅之防治效果外，必需同時考慮此數種其它重要害蟲之防治效果，以求達到藥劑試驗之實用性。

四、播種同時施用土壤用粒狀殺蟲劑如 10% Temik, 10% Thimet, 3% Furadan 以減少葉潛蠅及其它幼苗時期發生的害蟲，此三種粒劑以一般推荐於其它作物上之施用量使用時，以 10% Temik效果最好，施用後對葉潛蠅、小綠葉蟬、莖潛蠅、蚜蟲等小型害蟲殺蟲效果可維持至44日。但豌豆生長至此時期，即已有鱗翅目害蟲發生，而試用之三種粒劑均對此時期發生之鱗翅目害蟲無控制效果。故僅保護播種後初期生育之植株，一旦有甜菜夜蛾等害蟲發生，則仍需施用液狀殺蟲劑，因而此類粒劑，施用於豌豆播種時期，並不特別經濟。

五、施以葉面噴佈的乳劑，則以44% Dimethoate EC. 與 50% Tamaron EC. 效果最好，75% Orthene SP, 50% Methyl parathion EC. 次之。並可兼防治蚜蟲、薊馬。

六、結莢期長，收穫時期採收頻繁，故探討用藥種類之同時亦需特別注重殘餘農藥問題。本試驗僅就藥劑防治害蟲效果方面做一探討，至於農藥殘留量，末次施藥與採收間隔等問題，均未在本報告研討範圍之內。

參考文獻

1. 王清玲・1974・豌豆害蟲防治技術研究執行結果報告摘要。

2. 臺灣植物害蟲名彙・1965・臺灣省商品檢驗局 P. 160. 。

3. 張艮傳・1972・粒狀殺蟲劑防治葱潛蠅試驗，農業研究21（3）：203—208。

4. 陶家駒，果菜害蟲・1970・中國文化大學出版部。

5. Spencer, K. A. 1973. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Dr. W. Jank B. V. The hague.

6. Kaurava, A. S.; Odak, S. C.; Dhamdhere, S. V.. 1971. Studies on the biology of *Phytomyza atricornis* Meigen (Agromyzidae: Diptera). Joural of the Bombay Natural History Society 67(3) 597-601.

7. Molitas, L. P.; Gabriel, B. P. 1975. Biology of the sweet pea leafminer, *Phytomyza horticola* Goureau (Diptera: Agromyzidae) in the Philippines. Philippine Entomologist 3(2) 89-108.

8. Srivastava, A. S.; Singh, Y. P. 1972. Bionomics and control of pea leafminer, *Phytomyza atricornis* Mieg. (Agromyzidae: Dipt.). Zeitschrift fiir Angewandte Entomologie 70(4) 437-440.

9. Srinivasan, K.; Shukla, R. P. 1980. Control of pea leafminer (*Phytomyza atricornis* Meigen) and aphids (*Acyrthosiphon pisum* Harris) with certain granular insecticides. Pesticides 14(12) 19-20.

10. Tandon, S. K. 1972. Notes on the biology of *Phytomyza atricornis* Meigen, a common leaf-miner of crciferous plants (Agromyzidae: Diptera). Agra Univ. Journal of Research (Science) 20(3)47-67.

11. Verma, S.; Dikshit, A. K. 1982. Persistence of different insecticides against pea leafminer, *Phytomyza atricornis* Meigen. Indian Journal of Agricultural Sciences 52(1)4-6.

12. Yoshida, A.; Sasakawa, M. 1975. Observations of the feeding and oviposition behaviour of the leafminer, *Phytomyza horticola* Gourea (Diptera, Agromyzidae). J. Scientific Reports of the Kyoto Prefectural University, Agriculture. No. 27, 37-45.

Biology of Pea Leafminer, *Phytomyza horticola* Goureau, and the Control of Several Pea Insects.[1]

Wang, Chin-ling and Yan, Shu-ru[2]

Summary

Pea leafminer (*Phytomyza horticola* Goureau) attacks sweet pea seriously in Taiwan. Most of their eggs laid in the undersurfaces of pea leaves. Under the circumstance of 21±1°C, RH70—80%, 12L, egg stage lasted for 1—3 days. Hatching rate was 96.68%. The length of mouth hook with hypopharynx skeleton of the 1st, 2nd and 3rd instar larvae were 114.3, 190.0, 289.6μm, and the developing period were 2.50, 1.69, 1.75 days, respectively. 65.03% of the 1st instar larvae died while no larvae was found died during the 2nd and the 3rd stadia. Pupae lasted 7.53 days, and 82.75% emerged succesfully. Wing length of female measured 2.61 mm, male 2.30mm. Mating and egg deposition started 1—3 days after emergence. Female laid 144—1057, averagely 475.3 eggs. Adult female survived 10—35, averagely 21.6 days; male 2— 5at an average of 3.3 days.

Application of thimet 10% G. 40kg/ha , temik 10% G. 20kg/ha, furaban 3% G. 80 kg/ha were effective for the control of leafminers. The former two granules also controlled stemminers. For the control of plant hopper, only temik were effective. Among surface sprayers, dimethoate 44% EC, tamaron 50% EC, were the best two followed by orthene 75% SP, methyl parathion 50% EC, lannate 24% L, and sumicidin 20% EC. These chemicals were effective for controlling aphids. Dimethoate, lannate, and orthene were laso effective for thrips.

---

1. Contribution No. 1266 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Entomologist and Project assistant, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

Vol. 35, No. 1 March 1986

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政中臺字第〇三〇九號登記爲雜誌交寄

CONTENTS

Genetic Studies Larger Kernel Size of Rice I. Inheritance of Heading Date, Plant Height, Panicle Number and Spikelet Number……Y. C. Kuo and C. Liu… 001

Development of Maize Single Hybrid Tainung 351…… H. Wan, T. C. Lee, H. S. Lu and C. L. Ho… 011

Studies on the Characteristics of Kernel-filling in Maize……S. H. Tsao, C. S. Wang and D. J. Liu… 023

Ploidy Identification of Rice Plantlets Derived from Anther Culture by Stomatal Size……C. G. Chern, J. J. Chen and C. S. Huang…037

Study on the Productivity of Five New Sweet Potato Lines and Their Possibility for Feed Usage……S. Y. Liu… 045

Effect of Growth Regulators on the Flowering of "Irwin" Mango at High Temperature……S. K. Ou… 057

Studies on the Comparison of Mophological, Physiological and Growth Characteristics between *Spirulina platensis* and *S. maxima* ……H. I. Liu… 063

Studies on Rusts of Maize……C. C. Yeh… 081

Etiological Studies on the Banana Bunchy Top……I. L. Yang, T. C. Deng and S. Y. Wu… 094

Studies on the Field Releases of Trichogramma chilonis and the Factors Affect Its Activity…… C. C. Chen and S. C. Chiu… 099

Insecticide Resistance Study in *Plutella xylosteiia* (L.) VII. Action Patterns of Inseticides and the Resistance Impacts ……C. H. Kao, Edward Y. Cheng and D. F. Lin… 107

Biology of Pea Leafminer, Phytomyza horticola Goureau, and the Control of Several Pea Insects……C. L. Wang and S. R. Yan… 118

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China